



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS



PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS  
EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO

ANA CRISTINA MACÊDO DE OLIVEIRA

CAMPINA GRANDE  
Estado da Paraíba – Brasil  
Agosto – 2012

ANA CRISTINA MACÊDO DE OLIVEIRA

Engenheira Agrônoma

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS  
EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO

Orientador: Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para Doutorado em Engenharia Agrícola.

CAMPINA GRANDE

Estado da Paraíba, Brasil

Agosto – 2012

**DIGITALIZAÇÃO:**  
**SISTEMOTECA - UFCG**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG**

O482t Oliveira, Ana Cristina Macêdo de.  
Tolerância de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino / Ana Cristina Macêdo de Oliveira. - Campina Grande, 2012.  
140f.: il., color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.  
Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo.  
Referências.

1. *Citrus* ssp. 2. Estresse Salino. 3. Trocas Gasosas. I. Título.

CDU 634.31 (043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

ANA CRISTINA MACEDO DE OLIVEIRA

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE CITROS EM CONDIÇÕES  
DE ESTRESSE SALINO

BANCA EXAMINADORA

PARECER

**Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo**  
Orientador (UAEA/CTRN/UFCCG)

Aprovado

**Dr. Renato Isidro**  
Examinador (UFCCG)

APROVADO

**Dr. Francisco Valfísio da Silva**  
Examinador (CNPq)

APROVADO

**Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra**  
Examinador (UAEA/CTRN/UFCCG)

Aprovado

**Dr. Ronaldo do Nascimento**  
Examinador (UAEA/CTRN/UFCCG)

APROVADO

AGOSTO - 2012

*“Algo só é impossível até que alguém duvide e acabe provando o contrário”.*

*Albert Einstein*

*“Todos nós temos talentos diferentes, mas todos nós gostaríamos de ter iguais oportunidades para desenvolver os nossos talentos”.*

*Jonh Kennedy*

*"Um ladrão rouba um tesouro, mas não furta a inteligência. Uma crise destrói uma herança, mas não uma profissão. Não importa se você não tem dinheiro, você é uma pessoa rica, pois possui o maior de todos os capitais: a sua inteligência. Invista nela. Estude!"*

*(Augusto Cury)*

**Ofereço a meus pais, a quem devo antes de tudo, a minha educação e o incentivo a uma boa formação profissional.**

**Dedico a meu filho, minha eterna fonte de inspiração para lutar e vencer esta jornada, tão pesada em determinados momentos e tão leve em outros, assim como é a vida.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em nome de seu filho amado Jesus Cristo, que nos dá a vida, e pela força constante para vencer todos os obstáculos.

A minha amada família, pela compreensão de minha ausência durante o período do curso.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, pelo acolhimento como orientador no momento de dificuldade profissional, pelas orientações, apoio, compreensão e credibilidade.

Ao curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pela oportunidade de realização do meu curso de doutorado, o que contribuirá e abrirá novas oportunidades na minha vida profissional.

Ao programa do curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola, coordenação, na pessoa de Dr. Demerval, funcionários, Elaine, Cida, Sônia, Aldaniza, Valneide e Gilson, pela gentileza e presteza no atendimento; a todos os professores do curso, pelos ensinamentos e amizade.

Agradecimento especial à Profª. Dra. Josivanda Palmeira, pela pessoa simples e maravilhosa que sempre foi, pelo grande apoio, confiança, amizade e contribuições à minha pesquisa, enquanto coordenadora do curso.

Ao CNPq, pelo financiamento da pesquisa e pela concessão da bolsa de doutorado.

A direção geral do Instituto Centro de Ensino Tecnológico, Dra. Geórgia Medeiros de Aguiar, pela compreensão concedida aos últimos semestres de término do meu curso, Maria Lúcia pelo acompanhamento do relatório de atividades do curso, e Maria Helena, pessoa de grande dedicação a todos os funcionários do Instituto.

Ao Instituto Centro de Ensino Tecnológico, em especial, ao Prof. Dr. Samuel Brasileiro e Dra. Míriam Brasil (gestão anterior), a Direção da FATEC- Cariri, Prof. Raimundo Barreto Granjeiro e a coordenação de área anterior, profa. Mary Anne Marques; pela liberação de minhas atividades de docência, durante os primeiros anos do meu curso de doutorado.

Aos Profs. Dr. Ronaldo do Nascimento e Dr. Pedro Dantas Fernandes, pelos ensinamentos e orientações, enquanto orientadores; ao Prof. Dr. Hugo Guerra pela consideração e carinho e a Profa. Vera Antunes, pela simpatia e solidariedade.

Aos colaboradores Kaline Solane e em especial a Janivan Suassuna, pelo apoio contínuo nas atividades da pesquisa, pela amizade e companheirismo; pessoas do meu convívio durante o curso, que preservo grande admiração e carinho; meu muito obrigada.

Ao Prof. Dr. Hans Ghey, pelo exemplo de profissionalismo e ética; pelo apoio e orientações, como base na minha vida pessoal e profissional.

Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade, senhores Pedro, Marcos, Wilson, José Maria e Doutor pela ajuda nos trabalhos do laboratório, e ao senhor, Dr. Cláudio (Japa) pela colaboração nas análises estatísticas.

Ao prof. Dr. Renato Isidro, pela participação e contribuições na defesa de minha tese, pelo apoio e amizade.

A todos os professores e pesquisadores que participaram da banca examinadora de minha defesa de tese, Profs. PhD. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, PhD. José Hugo de Carvalho Guerra, Dr. Ronaldo do Nascimento, Dr. Renato Isidro e ao pesquisador do CNPq, pro-doctor Dr. Francisco Valfisio da Silva.

A todos os colegas de turma, especialmente a Sebastião, Iedo Teodoro, Jerônimo, Jorge, Eloy, Renê, Evami, Rosalve, Diva e Kaline Dantas pela boa interação no período de cumprimento das disciplinas do curso.

Aos colegas Alberto, Marcos Eric, Alessandra, Vinícius, Keliane, Prof. Sirino, Magnólia, Fred, Leandro, Elka, Jukinha, Marconi e Samuel; pelo bom convívio na casa de vegetação e no LIS e em especial, a Amilton e Doroteu, meus amigos de fé que me proporcionaram muita força, momentos de alegrias e descontração.

Aos amigos cearenses de Juazeiro do Norte, Vagner, Márcia e Francinalva, mestrando na UFCG, que me acolheram no seu apartamento, durante minhas visitas à UFCG, no último ano de curso; foi muito boa essa convivência. Meu muito obrigada, pela recepção, carinho e apoio na apresentação de minha tese.

Aos primos e amigos, Raimundo N. Braga Lôbo (EMBRAPA- Sobral) e Lídia Costa (TRT- Fortaleza) e Dep. Federal Dr. Manoel Salviano Sobrinho (Juazeiro do Norte), pelo apoio moral e financeiro, em momentos de dificuldades.

Aos amigos e colegas da FATEC Cariri, Carlos Régis, Liliane, Rosângela, Wilma, Hilton, Mary Anne, Leânia, Luciana Façanha e Bosco Machado, pela força e amizade.

A todos os colegas, amigos, funcionários e colaboradores que, direta ou indiretamente, contribuíram durante o período do curso.

## SUMÁRIO

	<b>Pag.</b>
ÍNDICE DE TABELAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
APÊNDICES.....	xvi
RESUMO.....	xvii
ABSTRACT.....	xix
<b>CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>1</b>
1.1 Introdução.....	1
1.2 Objetivos.....	3
<b>CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Aspectos gerais sobre o <i>Citrus</i> .....	4
2.2 Aspectos econômicos da citricultura e nutricionais da laranja.....	4
2.3 Histórico e caracterização de porta-enxertos de citros.....	5
2.4 Histórico e melhoramento de porta-enxertos de citros no Brasil.....	6
2.5 O Estado da Arte da Salinidade.....	9
2.5.1 Definição e causas.....	9
2.5.2 O problema da salinidade na agricultura.....	10
2.5.3 Efeitos sobre as plantas.....	11
2.5.4 Respostas gerais das plantas ao excesso de sais.....	12
2.5.5 Aclimação, adaptação e tolerância das plantas à salinidade.....	13
2.5.6 Controle do excesso de íons.....	16
2.5.7 Ajustamento osmótico.....	17
2.5.8 Mecanismos de tolerância das plantas à salinidade.....	18
2.5.9 Salinidade em plantas cítricas.....	21
2.5.10 Efeito da salinidade nas trocas gasosas e condutância estomática.....	22
REFERÊNCIAS.....	23
<b>CAPÍTULO III - CRESCIMENTO DE GENÓTIPOS DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO.....</b>	<b>36</b>
Resumo.....	36
Abstract.....	37
3.1 Introdução.....	37
3.2 Material e Métodos.....	39

---

3.3 Resultados e Discussão.....	44
3.4 Conclusões.....	69
REFERÊNCIAS.....	70
<b>CAPÍTULO IV - TROCAS GASOSAS EM GENÓTIPOS DE PORTA- ENXERTOS DE CITROS EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO.....</b>	<b>74</b>
Resumo.....	74
Abstract.....	75
4.1 Introdução.....	76
4.2 Material e Métodos.....	79
4.3 Resultados e Discussão.....	83
4.4 Conclusões.....	91
REFERÊNCIAS.....	92
<b>CAPÍTULO V – PRODUÇÃO DE FITOMASSA EM GENÓTIPOS DE PORTA- ENXERTOS DE CITROS EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO.....</b>	<b>96</b>
Resumo.....	96
Abstract.....	97
5.1 Introdução.....	98
5.2 Material e Métodos.....	99
5.3 Resultados e Discussão.....	103
5.4 Conclusões.....	114
REFERÊNCIAS.....	115
<b>CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>118</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

### Capítulo III

	Pag.
<b>Tabela 1.</b> Características químicas do substrato utilizado na produção de porta-enxertos de genótipos cítricos. Campina Grande, PB, 2011.....	42
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de Variância da altura de plantas (ALT), número de folhas (NF) e diâmetro do caule, do primeiro período (PI) de avaliação dos genótipos de citros, sob dois níveis de salinidade. PI ( $NS_C = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $NS_1 = 2,4 \text{ dS m}^{-1}$ ). Campina Grande, 2011.....	45
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância da altura de plantas (ALT), número de folhas (NF) e diâmetro do caule (DC) no segundo período (PII) de avaliação de genótipos de citros, sob dois níveis de salinidade. PII ( $NS_C = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $NS_2 = 4,0 \text{ dS m}^{-1}$ ). Campina Grande, 2011.....	46
<b>Tabela 4.</b> Altura média de plantas dos genótipos de porta-enxertos de citros, aos (75, 90, 105, 120 e 135) dias após semeadura (DAS), Período I. Campina Grande, 2011.....	47
<b>Tabela 5.</b> Médias de altura de plantas dos genótipos de porta-enxertos de citros, para o fator nível de salinidade em diferentes épocas de crescimento dos períodos I e II. Campina Grande, 2011.....	48
<b>Tabela 6.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados para a altura de plantas aos 165 e 210 dias após semeadura (DAS), Período II. Campina Grande, 2011.....	50
<b>Tabela 7.</b> Médias de folhas dos genótipos de porta-enxertos de citros, para o fator nível de salinidade em diferentes épocas de crescimento dos períodos I e II. Campina Grande, 2011.....	53
<b>Tabela 8.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados para o número de folhas, aos 165, 195 e 210 dias após semeadura (DAS), Período II. Campina Grande, 2011.....	55
<b>Tabela 9.</b> Médias do diâmetro do caule dos genótipos de porta-enxertos de citros, para o fator nível de salinidade em diferentes épocas de crescimento dos períodos I e II. Campina Grande, 2011.....	56
<b>Tabela 10.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados para o diâmetro do caule, aos 210 dias após semeadura (DAS), Período II. Campina Grande, 2011.....	58
<b>Tabela 11.</b> Resumo da análise de variância para as taxas de crescimento relativo em altura de plantas (TCRALT) em genótipos de porta-enxertos de citros (GEN), sob níveis salino (SE: sem estresse salino e CE: com estresse salino), nos dois períodos de crescimento (PI: 75 - 135 DAS e PII: 150 - 210 DAS). Campina Grande, 2011.....	59
<b>Tabela 12.</b> Médias do desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados para a taxa de crescimento relativo da altura de plantas, de 150 aos 210 dias após semeadura (DAS), Período II. Campina Grande,	

2011.....	61
<b>Tabela 13.</b> Resumo da análise de variância para as taxas de crescimento relativo do número de folhas (TCRNF) em genótipos de porta-enxertos de citros (GEN), sob níveis salino (SE: sem estresse salino e CE: com estresse salino) nos dois períodos de crescimento (PI: 75 - 135 DAS e PII: 150 - 210 DAS). Campina Grande, 2011.....	62
<b>Tabela 14.</b> Médias do desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados para a taxa de crescimento relativo do número de folhas, de 150 aos 210 dias após sementeira (DAS), Período II. Campina Grande, 2011.....	64
<b>Tabela 15.</b> Resumo da análise de variância para as taxas de crescimento em diâmetro do caule (TCRDC) em genótipos de porta-enxertos de citros (GEN) sob os níveis salino (SE: sem estresse salino e CE: com estresse salino) nos dois períodos de crescimento (PI: 75 - 135 DAS e PII: 150 - 210 DAS). Campina Grande, 2011.....	65
<b>Tabela 16.</b> Médias do desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados para a taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule, de 150 aos 210 dias após sementeira (DAS), Período II. Campina Grande, 2011.....	67
<b>Tabela 17.</b> Resumo da análise de variância para o comprimento da raiz principal (CRP) em genótipos de porta-enxertos de citros (GEN) e níveis salinos (NSAL), nos dois períodos de crescimento. Campina Grande, 2011.....	68

#### Capítulo IV

<b>Tabela 1.</b> Genótipos de porta-enxerto (híbridos e variedades) de citros, utilizados no experimento. Campina Grande, PB, 2011.....	80
<b>Tabela 2.</b> Características químicas do substrato utilizado na produção de porta-enxerto de genótipos cítricos. Campina Grande, PB, 2011.....	81
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância para condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de fotossíntese líquida (A), Eficiência intrínseca do uso da água (EUA = A/E), concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci), eficiência instantânea da carboxilação (EiC = A/Ci), em folhas de citros (GEN) irrigado sob níveis de salinidade. Campina Grande, 2011.....	83
<b>Tabela 4.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxerto de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para condutância estomática. Campina Grande, 2011.....	84
<b>Tabela 5.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxerto de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para a taxa de transpiração. Campina Grande, 2011.....	86
<b>Tabela 6.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para a taxa de fotossíntese líquida (A). Campina Grande, 2011.....	87
<b>Tabela 7.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para a Eficiência do uso da água (A/E).	

Campina Grande, 2011.....	88
---------------------------	----

<b>Tabela 8.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para a Concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci). Campina Grande, 2011.....	89
--	----

<b>Tabela 9.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para Eficiência instantânea da carboxilação ( <i>EiC: A/Ci</i> ). Campina Grande, 2011.....	90
---	----

## Capítulo V

<b>Tabela 1.</b> Genótipos de porta-enxertos (híbridos e variedades) de citros, utilizados no experimento. Campina Grande, PB, 2011.....	100
--	-----

<b>Tabela 2.</b> Características químicas do substrato utilizado na produção de porta-enxertos de genótipos cítricos. Campina Grande, PB, 2011.....	101
---	-----

<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância para as variáveis: fitomassa total (FST), da parte aérea (FSPA), da folha (FSF) do caule (FSC), da raiz (FSR), relação raiz/parte aérea (R/PA) e razão de peso foliar (RPF), em genótipos de porta-enxertos de citros (GEN) sob estresse salino. Campina Grande, 2011.....	104
--	-----

<b>Tabela 4.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para fitomassa total (FST). Campina Grande, 2011.....	105
---	-----

<b>Tabela 5.</b> Análise química do substrato no final do experimento para os níveis de salinidade (S.E. e C.E. - sem e com estresse salino). Campina Grande, 2011....	106
--	-----

<b>Tabela 6.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para fitomassa da parte aérea (FSPA). Campina Grande, 2011.....	108
---	-----

<b>Tabela 7.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para fitomassa seca foliar (FSF). Campina Grande, 2011.....	109
---	-----

<b>Tabela 8.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para fitomassa seca do caule (FSC). Campina Grande, 2011.....	110
---	-----

<b>Tabela 9.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para fitomassa seca da raiz (FSR). Campina Grande, 2011.....	111
--	-----

<b>Tabela 10.</b> Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para relação raiz/parte aérea (FSPA). Campina Grande, 2011.....	112
--	-----

<b>Tabela 11.</b> Resumo da avaliação da tolerância ao estresse salino baseado no rendimento relativo. Classificação proposta por Fageria (1985). Campina	
---	--

Grande, 2011.....	113
-------------------	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo III

<b>Figura 1.</b> Visão geral do experimento de citros no viveiro de mudas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande, 2011.....	40
<b>Figura 2.</b> Médias mensais de temperatura no viveiro de mudas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, de maio a setembro de 2009. Campina Grande, 2011.....	40
<b>Figura 3.</b> Recipiente usado na semeadura (A), repicagem (B) e raízes (C).....	42
<b>Figura 4 e 5.</b> Médias do desdobramento de genótipos de citros dentro de níveis de salinidade (sem e com estresse salino) aos 75 e 135 dias após semeadura (DAS) para a altura de planta. Campina Grande, 2011.....	49
<b>Figura 6.</b> Médias do desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (N1 e N2) aos 165 dias após semeadura (DAS), para a altura de plantas. Campina Grande, 2011.....	51
<b>Figura 7.</b> Médias do desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (N1 e N2) aos 210 dias após semeadura (DAS), para a altura de plantas. Campina Grande, 2011.....	51
<b>Figura 8.</b> N1 - Genótipos sem sintomas de estresse salino; N2- Genótipos com estresse salino.....	52
<b>Figura 9.</b> Médias do desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (N1 e N2) aos 210 dias após semeadura (DAS), para o número de folhas. Campina Grande, 2011.....	54
<b>Figura 10.</b> Médias do desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (N1 e N2) aos 210 dias após semeadura (DAS) para o diâmetro do caule. Campina Grande, 2011.....	57
<b>Figura 11 (A e B).</b> Teste de médias da taxa de crescimento relativo em altura de genótipos de porta-enxertos de citros e níveis de salinidade, do período I, 75 aos 135 dias após semeadura (DAS).....	60
<b>Figura 12 (A, B e C).</b> Teste de média da taxa de crescimento relativo foliar, comparando-se os genótipos de porta-enxertos de citros e níveis de salinidade, do período I, 75 a 135 (DAS) e do período II, 150 a 210 DAS.....	63
<b>Figura 13.</b> Médias do desdobramento dos genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados para a taxa de crescimento relativo do número de folhas, no período II, aos 150 à 210 DAS. Campina Grande, PB, 2011.....	64

**Figura 14.** Teste de média da taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule dos genótipos de porta-enxertos de citros, do período I, 75 aos 135 dias após semeadura (DAS)..... 65

**Figura 15 (A e B).** Teste de média da taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule, comparando-se os genótipos de porta-enxertos de citros e níveis de salinidade, do período II, de 150 a 210 dias pós semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2011..... 66

**Figura 16 (A e B).** Teste de média do comprimento da raiz principal de genótipos de porta-enxertos de citros e entre níveis da salinidade. Campina Grande, PB, 2011..... 68

#### Capítulo IV

**Figura 1.** Visão geral do experimento de citros no viveiro de mudas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande, 2011..... 79

**Figura 2.** Médias mensais de temperatura no viveiro de mudas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, de maio a setembro de 2009. Campina Grande, 2011..... 80

#### Capítulo V

**Figura 1.** Médias mensais de temperatura no viveiro de mudas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, de maio a setembro de 2009. Campina Grande, 2011..... 100

**Figura 2.** Semeadura e Repicagem..... 101

#### APÊNDICES

**Apêndice A.** Croqui do experimento de citros no viveiro de mudas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande, 2011..... 121

**Apêndice B e C.** Valores médios da altura de plantas (cm) em função dos genótipos e dos níveis de salinidade com teste de média (Scott & Knott). Período e II. Campina Grande, 2011 122  
123

**Apêndice D e E.** Valores médios do número de folhas (cm) em função dos genótipos e dos níveis de salinidade com teste de média (Scott - Knott). Período e II. Campina Grande, 2011 124  
125

**Apêndice F e G.** Valores médios do diâmetro do caule (mm) em função dos genótipos e dos níveis de salinidade com teste de média (Scott - Knott). Período I e II. Campina Grande, 2011..... 126  
127

## TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO

### RESUMO

A capacidade de adaptação de plantas permite a seleção de genótipos tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, quando se utiliza a água salina para a irrigação. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a tolerância à salinidade de genótipos (variedades e híbridos) de porta-enxertos de citros, considerando-se o crescimento das plantas; as alterações de trocas gasosas; a fitomassa das plantas e a classificação dos genótipos quanto aos graus de tolerância ao estresse salino. O experimento foi conduzido em casa de vegetação (viveiro telado) na UFCG, Campina Grande, PB, adotando-se um delineamento em blocos casualizados, com três repetições, combinando-se três níveis de salinidade da água de irrigação - CEa (0,5; 2,4 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>), analisados em fatorial dois a dois, (0,5 e 2,4 dS m<sup>-1</sup>), avaliados no período I, dos 60 aos 135 dias após a semeadura e (0,5 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>), no período II, dos 136 aos 210 dias após semeadura e onze genótipos de porta-enxertos de citros (LCSTC (G5); TSKC x TRENG 256 (G6); TSKC x (TR x LCR) -059 (G9); TSKFL x CTTR - 013 (G13); TSKC x TRENG - 264(G16); TSKC x CTTR - 025 (G17); LVK - 10 (G25); TSKFL x CTTR - 017 (G12); CTSW (G18) ; TSKFL x LRM - 017 (G22) e LVK x LCR (G15). As plantas foram cultivadas em tubetes com capacidade volumétrica de 288 mL, em que a parcela experimental constou de 15 plantas úteis de cada genótipo, nas unidades experimentais. Foram realizadas avaliações de crescimento, fisiológicas, de fitomassa seca e classificação dos genótipos quanto aos graus de tolerância ao estresse salino. A análise estatística foi realizada pelo programa SISVAR, por análise de variância pelo teste F, até 1% de probabilidade e a comparação das médias dos fatores níveis de salinidade e genótipos foi realizada pelo teste de Scott- Knott (p<0,05). Assim, conclui-se que a salinidade da água promove redução no crescimento das plantas, alterações fisiológicas negativas nas trocas gasosas e diminuição nas taxas de fitomassa de porta-enxertos de plantas de citros. Os genótipos de porta-enxertos de citros TSKFL x CTTR- 017 (G12) e TSKFL x LRM - 017 (G22) foram tolerantes as variáveis de crescimento, bem como, as taxas de crescimento relativos correspondentes às essas variáveis; foram tolerantes também, as variáveis de trocas gasosas e fitomassa

seca foliar e de rendimento relativo de fitomassa total; podendo então esses genótipos ser recomendados a ser utilizados em condições de estresse salino. Os genótipos de porta-enxertos de citros TSKFL x CTTR – 013 (G13) e CTSW – (G18) foram sensíveis as variáveis de crescimento e fitomassa seca e o genótipo de porta-enxerto TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9) foi sensível as variáveis de trocas gasosas e fitomassa seca e os genótipos de porta-enxertos LCSTC (G5) e LVK x LCR (G15), não sobrevivem ao estresse salino com condutividade elétrica de 4,0 dS m<sup>-1</sup>.

Palavras-chaves: *Citrus* spp, estresse salino, crescimento, trocas gasosas

## **GENOTYPES OF ROOTSTOCKS OF CITRUS TOLERANCE IN TERMS OF SALINE STRESS**

### **ABSTRACT**

The adaptive capacity of plants allows the selection of genotypes, which are tolerant and able to produce economically acceptable earnings, when using saline water for irrigation. The aim of this study was to assess the salinity tolerance of genotypes (varieties and hybrids) of rootstocks, considering the growth of plants; alterations of gas exchange, the biomass of plants and classification of genotypes regarding the degrees of salinity tolerance. The experiment was conducted in a greenhouse (vivarium) at UFCG, Campina Grande, PB, adopting a randomized block design with three repetitions, combining three salinity levels of irrigation water - CEa (0.5, 2.4 and 4.0 dS m<sup>-1</sup>), analyzed in two by two factorial, (0.5 and 2.4 dS m<sup>-1</sup>), evaluated in period I, from 60 to 135 days after seeding (0.5 and 4.0 dS m<sup>-1</sup>) and in period II, from 136 to 210 days after seeding and eleven genotypes of rootstocks (LCSTC (G5); TSKC x TRENG 256 (G6); TSKC x (TR x LCR) –059 (G9); TSKFL x CTTR – 013 (G13); TSKC x TRENG – 264(G16); TSKC x CTTR – 025 (G17); LVK – 10 (G25); TSKFL x CTTR – 017 (G12); CTSW (G18) ; TSKFL x LRM – 017 (G22) and LVK x LCR ( G15). The plants were grown in tubes with volumetric capacity of 288 mL, the experimental unit consisted of 15 useful plants of each genotype, in experimental units. Were performed evaluations of growth, physiological, and of biomass genotypes regarding the classification of degrees of salinity tolerance. Statistical analysis were performed by the program SISVAR, by analysis of variance thru the F test, until 1% probability and comparison of average factors of salinity levels and genotypes was performed by the

Scott-Knott test ( $p < 0.05$ ). Thus, it appears that the salinity of the water causes a reduction in plant growth, negative physiological changes in gas exchange and decrease in rates of biomass of rootstock plants. The genotypes of rootstocks TSKFL x CTTR-017 (G12) and TSKFL x LRM - 017 (G22) were tolerant to growth variables as well as the relative growth rates corresponding to these variables; were also tolerant, the variables of gas exchange and leaf of dry biomass and relative yield of total biomass, then such genotypes can be recommended for use in saline stress conditions. The genotypes of rootstock TSKFL x CTTR - 013 (G13) and CTSW - (G18) were sensitive to growth variables and dry biomass and the genotype of rootstock TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9) was sensitive to variables of gas exchange and dry biomass and the genotypes of rootstock LCSTC (G5) and LVK x LCR (G15), did not survive to saline stress with electrical conductivity of  $4.0 \text{ dS m}^{-1}$ .

**Keywords:** *Citrus* spp, saline stress, growth, gas exchange

### 1.1 Introdução

A citricultura tem contribuído de forma definitiva para o desenvolvimento do Brasil desde 1962, quando começaram as primeiras exportações do suco concentrado de laranja. O PIB do setor citrícola é de US\$ 6,5 bilhões (2009), sendo US\$ 4,39 bilhões no mercado interno e US\$ 2,15 no mercado externo (NEVES et al., 2010).

Registros apontam que a laranja é originária do sul asiático, provavelmente da China, por volta de 4000 mil anos atrás. O comércio entre as nações e as guerras ajudaram a expandir o cultivo dos citros, de modo que, na Idade Média, a laranja foi levada pelos árabes para a Europa. Nos anos de 1500, na expedição de Cristovão Colombo, mudas de frutas cítricas foram trazidas para o continente americano. Introduzida no Brasil logo no início da colonização, a laranja encontrou no país melhor condições para vegetar e produzir do que nas próprias regiões de origem, expandindo-se por todo território nacional (NEVES et al., 2011).

O Brasil passa a ser líder mundial em citricultura a partir de 1981/82, São Paulo e Florida (EUA) juntos, detém 87% da produção mundial de sucos, sendo mais de 50% produzidos pelo estado de São Paulo (NEVES, 2010). Entre os demais estados brasileiros produtores de citros se destacam Bahia, Sergipe, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Pará e Santa Catarina (AGRIANUAL, 2009).

A Região Nordeste responde por 9% da produção nacional, constituindo-se na segunda maior região produtora do país, com mais de 110.000 hectares cultivados e mais de 1,5 milhões de toneladas, dentre os estados produtores, o destaque fica com os estados Bahia e Sergipe, respectivamente segundo e terceiro produtores nacionais e no que diz respeito ao incremento e geração de empregos, percebe-se que devido à instalação de muitas casas de embalagens (packing-houses) e aumento da exportação do limão tahiti para o Mercado Europeu, muitos empregos diretos e indiretos tem sido oferecidos, na ordem de 100 mil (EMBRAPA, 2005).

Nas regiões semiáridas do mundo, inclusive como ocorre no Brasil, além de problemas com a qualidade da água de irrigação que nem sempre é adequada para agricultura, são frequentes as limitações pluviométricas e irregularidade de distribuição das chuvas (CAVALCANTE & CAVALCANTE, 2006). Em virtude disso, para obtenção de uma elevada produtividade na região Nordeste, os citricultores precisam utilizar irrigação.

Um outro fator preocupante têm sido as altas concentrações de sais no solo contribuindo para a redução do crescimento e da produtividade das culturas. Regiões

## CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS

---

áridas e semiáridas são mais sujeitas a esses problemas em razão da deficiência hídrica e às condições de alta evaporação, durante a maior parte do ano (AYERS & WESTCOT, 1999). Os prejuízos causados pela salinidade podem ser seriamente agravados pelo manejo inadequado da irrigação e pela drenagem insuficiente.

Para Richards (1954) os sais podem afetar o desenvolvimento das plantas em virtude da sua concentração na solução do solo, elevando a pressão osmótica e reduzindo a disponibilidade de água para os vegetais; pode surgir, também, o efeito tóxico de íons específicos, como sódio, cloreto, boro e nitrato, dentre outros, que provocam injúrias, associados à acumulação excessiva do íon específico na planta (FLOWERS, 2004; FLOWERS & FLOWERS, 2005). Epstein & Bloom (2006) acrescentam o efeito específico de natureza nutricional, com influência mais marcante que o efeito osmótico.

Algumas culturas produzem rendimentos economicamente viáveis, em altos níveis de salinidade no solo, enquanto outras são sensíveis em níveis relativamente baixos; esta diferença se deve à maior capacidade de adaptação osmótica que algumas espécies possuem, o que lhes permite absorver, mesmo em condições salinas, quantidade suficiente de água (TAIZ & ZEIGER, 2004). A capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção de genótipos mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente viáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo em baixos níveis (TESTER & DAVENPORT, 2003). Onde a salinidade não possa ser mantida dentro dos limites aceitáveis pelas plantas, deve-se selecionar culturas que produzam satisfatoriamente sob condições de salinidade. Na seleção de culturas para solos salinos, particularmente deve ser dada à tolerância das plantas à salinidade, durante desenvolvimento inicial; algumas culturas tolerantes aos sais em fases posteriores às do crescimento, são muito sensíveis na fase inicial.

Como consequência do aumento da salinidade do meio de cultivo a redução no crescimento pode ser atribuída especialmente a um efeito direto dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , sobre processos fisiológicos importantes da planta (efeito tóxico) e a um efeito indireto, em virtude da redução do potencial osmótico da solução de crescimento, induzindo estresse hídrico; a salinidade pode afetar, ainda, a condutância estomática (TESTER & DAVENPORT, 2003) e a atividade fotossintética.

Os trabalhos de melhoramento genéticos têm contribuído com a introdução de novas variedades de porta-enxertos resistentes a problemas fitossanitários, tolerância à seca, a salinidade, etc. Assim, há necessidade de se testar essas novas variedades e

## **CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS**

---

híbridos de porta-enxertos disponíveis, para o nordeste, para verificar a tolerância ao estresse salino na fase inicial, pela sua influência na tolerância da variedade copa e na planta adulta, visando o melhor aproveitamento de águas de menor qualidade para a irrigação.

### **1.2 Objetivo geral**

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a tolerância ou não à salinidade de genótipos (variedades e híbridos) de porta-enxertos recomendados para serem utilizados nas principais variedades copas cítricas do nordeste brasileiro.

#### **1.2.1 Objetivos Específicos**

a) Avaliar o crescimento de plantas dos genótipos de citros em função do nível de salinidade da água de irrigação na fase de formação de porta-enxertos.

b) Estudar as alterações por meio de trocas gasosas influenciadas pelo estresse salino em genótipos de porta-enxertos de citros.

c) Analisar a influência do estresse salino sobre a produção de fitomassa em porta-enxertos de citros.

d) Determinar os níveis de tolerância dos genótipos ao estresse salino, classificando-os em diferentes graus de tolerância ao estresse salino.

### 2.1 Aspectos gerais sobre o *Citrus*

O gênero *Citrus* pertence à família Rutaceae, subfamília Aurantioideae, tribo Citreae e subtribo Citrinae e teria surgido no leste asiático em território que, atualmente, pertence à Índia, China, Butão, Birmânia e Malásia. Da Ásia foi levado para o norte da África e, daí, para o Sul da Europa, de onde foi trazido para a América, antes do ano de 1500 (SWINGLE & REECE, 1967; HASSE, 1987). Os citros apresentam grande diversidade de espécies, variedades e clones. Um dos sistemas de classificação mais utilizados reconhece 16 espécies de *Citrus* (ARAÚJO & ROQUE, 2005) e, entre elas, estão às frutas cítricas que formam o grupo das laranjas doces (*Citrus sinensis* L. Osbeck), tangerinas (*C. reticulata* Blanco, *C. clementina* hort. ex Tanaka, *C. tangerina* hort. ex Tanaka) e limões (*C. limon* L. Burm. f.) (SWINGLE & REECE, 1967). As plantas cítricas produzem flores perfeitas e as espécies e gêneros interpolinizam livremente. Esta grande afinidade entre espécies e gêneros permite que eles se cruzem naturalmente, com obtenção de híbridos férteis e alguns de valor comercial (PIO, 2005).

### 2.2 Aspectos econômicos da citricultura e nutricionais da laranja

A citricultura brasileira pode ser caracterizada como uma das mais típicas atividades agro-industriais, apoiada em demanda de produtos in natura, ou seja, frutas frescas, e produtos processados, representados por suco concentrado, pectina e óleos essenciais (IBGE, 1997).

Entre os principais grupos de futas no mundo, os citros ocupam o primeiro lugar em volume de produção, com aproximadamente 105,4 milhões de toneladas seguidos pelas culturas de banana, uva e maçã (FAO, 2008). Em 2007/08, o Brasil produziu aproximadamente 15,9 milhões de toneladas de laranja mantendo a posição de maior produtor e exportador de suco concentrado e congelado (SLCC), superando a produção da Flórida (EUA) maior concorrente brasileiro no mercado de sucos de laranja, em quantidades de frutas e suco concentrado. O volume produzido pela Flórida na safra de laranja 2007/08 foi estimado em 9,2 milhões de toneladas, número abaixo esperado pelo setor (AGRIANUAL, 2009).

São Paulo é o estado brasileiro com maior produção de laranja, com aproximadamente 87,44% da produção total do país, entre os demais estados brasileiros produtores destacam-se Bahia, Sergipe, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Pará

e Santa Catarina (AGRIANUAL, 2009). O menor preço da terra, o menor risco fitossanitário e os bons preços da fruta em mercados locais, estão motivando os plantios de citros em outros Estados.

Em referência aos aspectos nutricionais da laranja, primeiramente, é essencial destacar a inclusão de frutas na dieta alimentar, sendo inúmeros seus benefícios, em função do alto teor nutricional, alto índice de fibras, água e vitaminas, com a laranja não é diferente, o consumo de uma unidade dessa fruta corresponde à quantidade recomendada de dose diária de vitamina C (60 mg); facilita a função intestinal, devido ao alto teor de fibras na polpa e no bagaço; na parte branca do bagaço, encontra-se também a pectina, que previne o câncer e ajuda a baixar o colesterol do organismo; o cálcio da laranja ajuda a manter a estrutura óssea, uma boa formação muscular e sanguínea; o betacaroteno, o fitonutriente que confere cor a laranja, previne câncer e infartos (NEVES, 2010).

### 2.3 Histórico e caracterização de porta-enxertos de citros

No início do século XX os citricultores brasileiros utilizavam, predominantemente, a laranjeira ‘Caipira’ [*C. sinensis* (L.) Osbeck] como porta-enxerto, tendo enfrentado enormes perdas em decorrência da suscetibilidade à gomose de *Phytophthora* spp. e da baixa resistência à seca. Esses fatores levaram os produtores a substituir esse porta-enxerto pela laranja ‘Azeda’ (*C. aurantium* L.).

Na década de 40, 9 milhões do total de 12 milhões de plantas cítricas existentes no Brasil, enxertadas sobre laranjeira ‘Azeda’, morreram em função do vírus da tristeza, que uma vez introduzido, em 1937, foi rapidamente disseminado pelo pulgão preto (*Toxoptera citricidus*). Em seguida, o limoeiro ‘Cravo’, por suas características excepcionais relacionadas à facilidade de produção de mudas, compatibilidade com todas as cultivares copa disponíveis na época, resistência à seca e tolerância à tristeza, passou a ser o principal porta-enxerto utilizado no País chegando a compor 99% dos plantios realizados em alguns anos (POMPEU JUNIOR, 1991).

Nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, sob condições de clima tropical e subtropical, o limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) vem sendo o porta-enxerto mais utilizado, em função de suas excelentes características hortícolas, tais como: conferir maior vigor, produtividade e longevidade às copas; ser indicado para todas as cultivares copa, tanto em solos arenosos quanto argilosos e ser tolerante à seca; no

entanto, é suscetível ao declínio, à morte súbita, ao nematoide dos citros (*Tylenchulus semipenetrans* Cobb.), à exocorte, à xiloporose e à verrugose.

Em 2001, com a morte súbita dos citros, houve perda de milhões de plantas de citros enxertadas sobre limoeiro ‘Cravo’, ocorrendo novo impulso na diversificação dos porta-enxertos, principalmente com tangerineira ‘Cleópatra’, citrumeleiro ‘Swingle’ [*C. paradisi* Macfad. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] e tangerineira ‘Sunki’ [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] (FUNDECITRUS, 2006).

Em 2003 constatou-se, nos viveiros do Estado de São Paulo, a adoção de 40% do limoeiro ‘Cravo’, 33% da tangerineira ‘Cleópatra’, 14% do citrumeleiro ‘Swingle’, 7% da tangerineira ‘Sunki’, 3% do limoeiro ‘Volkameriano’, 3% do trifoliata e menos de 1% dos porta-enxertos laranjeira ‘Caipira’, citrangeiro ‘Carrizo’ [*P. trifoliata* (L.) Raf. x *C. sinensis* (L.) Osbeck cv. Wahington Navel] e tangeleiro ‘Orlando’ (*C. tangerina* Hort. ex Tanaka cv. Dancy x *C. paradisi* Macfad. cv. Duncan) (POMPEU JUNIOR, 2005). Atualmente, nota-se a manutenção da tendência de diversificação dos porta-enxertos de citros no Brasil.

Atualmente, tratando-se de mudas certificadas, os porta-enxertos podem ser produzidos a partir de sementes, estaquia ou micropropagação, porém sempre em ambiente protegido, também denominado viveiro-telado. No Brasil praticamente 100% dos porta-enxertos comerciais são obtidos a partir de sementes, ocorrendo o uso da micropropagação e da estaquia em casos excepcionais, notadamente em experimentos de pesquisa.

Em geral, a planta cítrica é formada por dois indivíduos unidos por meio da enxertia: o porta-enxerto (ou cavalo) e o enxerto (ou copa) que crescem e produzem como planta única. Os chineses praticavam a enxertia há cerca de 1000 a.C., e Aristóteles (384-322 a.C.) descreveu essa técnica em seus manuscritos. O uso da enxertia visa utilizar as características dos porta-enxerto para melhorar a produção e a qualidade dos frutos, aumentar a longevidade das plantas, reduzir a altura da árvore e o tempo necessário para início da produção e aumentar a resistência das plantas a doenças (ex.: gomose, nematóides) e estresses (ex.: deficiência hídrica e nutricional).

A eficiência do processo de enxertia depende da qualidade genética e sanitária do porta-enxerto e da borbulha, da habilidade do enxertador, das condições climáticas ambientais e da compatibilidade entre copa e porta-enxerto (PLATT & OPITZ, 1973).

São apresentadas, a seguir, as características agronômicas das principais variedades de porta-enxertos utilizadas (POMPEU JUNIOR, 2005):

Limão Cravo e Limão Volkameriano: apresentam boa adaptação a solos arenosos e ligeiramente ácidos; têm alta tolerância à seca, boa resistência à gomose de tronco e de raízes, mas são suscetíveis ao declínio dos citros e à morte súbita dos citros; induzem maturação precoce dos frutos; o limão Volkameriano é incompatível com a laranja Pera, com a qual forma plantas pouco produtivas e de vida curta.

Tangerinas Cleópatra, Sunki e Suen-kat: apresentam melhor desempenho quando plantadas em solos argilosos; têm média tolerância à seca e média resistência à gomose de tronco e de raízes; são pouco afetadas pelo declínio e tolerantes à morte súbita dos citros; apresentam o inconveniente de iniciarem a produção de frutos um a dois anos mais tardiamente que as plantas enxertadas nos limões Cravo e Volkameriano; os frutos produzidos sobre essas três tangerinas são menores e amadurecem mais tardiamente que os obtidos sobre os demais porta-enxertos.

Citrumelo Swingle: mostra bom desempenho em solos arenosos e argilosos; possui boa tolerância à seca, alta resistência à gomose de tronco e de raízes; favorece a produção de frutos de alta qualidade; é pouco afetado pelo declínio e tolerante à morte súbita dos citros; induz maturação dos frutos mais tardiamente que a apresentada pelo limão Cravo; é incompatível com a laranja Pera e com o tangor Murcott, formando plantas pouco produtivas e de vida curta; às vezes, mostra sintomas de incompatibilidade com a laranja Bahia e lima da Pérsia.

Trifoliata: apresenta melhor desempenho quando plantado em solos argilosos; apresenta média tolerância à seca, alta resistência à gomose de tronco e de raízes; é suscetível ao declínio e tolerante à morte súbita dos citros; induz maturação dos frutos mais tardiamente que a apresentada pelo limão Cravo; é incompatível com a laranja Pera e o tangor Murcott.

### **2.4 Histórico e melhoramento de porta-enxertos de citros no Brasil**

Os primeiros trabalhos de melhoramento genético dos citros e que, indiretamente, propiciaram a criação de novos porta-enxertos, foram iniciados em 1893, quando os pesquisadores W.T. Swingle e H.J. Webber começaram a realizar hibridações visando à transferência da resistência ao frio expressa pelo *P. trifoliata* para as principais cultivares de laranjas e pomelos; àquela época, não havia qualquer problema sério relacionado com porta-enxertos, mesmo porque a quase totalidade dos pomares era formada por plantas originadas de sementes. Esses cruzamentos deram

origem híbridos sem nenhum valor como variedades copas, mas que, ao longo do tempo, se tornaram porta-enxertos amplamente utilizados em todo o mundo; é o caso do citrange Troyer, híbrido de laranja Bahia com trifoliata produzido por E.M. Savage em 1909 (SAVAGE & GARDNER, 1965), e do citrumelo CPB 4475, obtido em 1907 por W.T. Swingle mediante o cruzamento do pomelo Duncan com trifoliata e, posteriormente, denominado citrumelo Swingle (HUTCHINSON, 1974). O sucesso alcançado por esses porta-enxertos motivou a produção de outros híbridos, entre os quais diversos citrumelos, como os da série F80, citrandarins (tangerina x trifoliata), citradias (laranja Azeda x trifoliata), citremons (limão Rugoso x trifoliata) e outros; a participação do trifoliata na maioria dos cruzamentos é justificada por ser um porta-enxerto imune à tristeza e resistente à gomose e induzir a formação de plantas de pequeno porte produtoras de frutos de alta qualidade.

Na região Sul do Brasil, no Uruguai e na Argentina, sob condições de clima temperado, o trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] é o porta-enxerto predominante, por conferir tolerância ao frio, proporcionar alta qualidade da fruta, ser resistente ao vírus da tristeza, à gomose de *Phytophthora* spp. e ao nematoide *Tylenchulus semipenetrans* (HERRERO et al., 1996); e ser tolerante à morte súbita dos citros (FUNDECITRUS, 2006). Entretanto, é pouco vigoroso, principalmente no viveiro-telado, tornando a produção de mudas bastante lentas e induzindo menor porte à copa, com reflexos negativos na produtividade (OLIVEIRA et al., 2001b).

Os trabalhos de melhoramento orientados para a obtenção de porta-enxertos vêm sendo desenvolvidos em quase todos os países citrícolas. De modo geral, visam selecionar porta-enxertos com características de tolerância à tristeza, gomose de *Phytophthora*, nematoides, nanicantes e produtivos de frutos de alta qualidade; para o Brasil ainda é conveniente selecioná-los quanto à tolerância à seca, ao declínio e à morte súbita dos citros; em alguns países são também avaliados para tolerância à salinidade, à alcalinidade e ao frio.

Segundo Soost & Roose (1996), o primeiro programa de melhoramento de citros foi organizado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América, USDA, na Flórida, em 1893, tendo como objetivo principal o controle de doenças. Deste programa resultaram os citrangeiros 'Troyer' e 'Carrizo', e o citrumeleiro 'Swingle' que, atualmente, são três dos principais porta-enxertos da citricultura mundial (NAVARRO, 2005).

No Brasil, esses trabalhos tiveram início no final de 1980, na Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, e no Instituto Agronômico, Campinas, SP; na década seguinte o Centro de Energia Nuclear na Agricultura e a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ambos em Piracicaba, e o Centro APTA Citros Sylvio Moreira, se engajaram no programa.

Na Embrapa Mandioca e Fruticultura, foi produzidos potenciais porta-enxertos por hibridação e fusão de protoplastos, a partir dos limões Cravo e Volkameriano, laranja doce, laranja Azeda, tangerinas Cleópatra e Sunki e trifoliata (SOARES FILHO et al., 2002a).

No CENA/USP foram criados, por fusão de protoplastos, híbridos de tangerina Cleópatra com limão Cravo ou com laranja Caipira (LATADO et al., 2002).

Na ESALQ/USP se realizaram fusões de protoplastos envolvendo limão Cravo, limão Volkameriano, laranjas Caipira, Ruby Blood e Valência, laranja Azeda e tangerina Cleópatra, almejando a obtenção de híbridos de limão Cravo e limão Volkameriano tolerantes ao declínio e à morte súbita dos citros (MOURÃO FILHO & MENDES, 2002).

No Instituto Agronômico, Bordignon et al. (2003) produziram híbridos entre limão Cravo, laranja Azeda, tangerina Sunki e trifoliata; enxertados com laranja Valência, entre os 396 híbridos que se mostraram tolerantes à tristeza, 100 deles induziram maior produção de frutos que a tangerina Sunki e 47 mais que o limão Cravo.

Programas sistemáticos de melhoramento genético de porta-enxertos de citros têm sido conduzidos por um número restrito de instituições no Brasil e no exterior.

Ainda no Brasil programas de melhoramento genético de porta-enxertos de citros por meio de hibridações controladas vêm sendo conduzidos no Centro Apta Citros 'Sylvio Moreira', em Cordeirópolis, SP; na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, em Cruz das Almas, BA, na Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, FEPAGRO, em Taquari, RS, e na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, em Porto Alegre, RS. Como resultados desses trabalhos de pesquisa, foram obtidos os porta-enxertos tangerineiras 'Sunki Maravilha' e 'Sunki Tropical', na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical (PASSOS et al., 2005), e os citrangeiros 'C-8', 'C-12', 'C-13', dentre outros, na FEPAGRO (SOUZA et al., 1992), os quais já estão sendo utilizados pelos produtores. Além disso, dezenas de novos híbridos produzidos pela Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical estão sendo avaliados, atualmente, em diferentes agroecossistemas do Brasil, desde o Amazônico até o Extremo Sul do País.

Embora as espécies do gênero *Citrus* e de outros gêneros afins, como o *Poncirus* e o *Fortunella*, se cruzem entre si com certa facilidade, havendo produção de híbridos intraespecíficos, interespecíficos e intergenéricos férteis (OLIVEIRA, 1993), fatores biológicos e genéticos, relacionados à elevada heterozigosidade, natureza poliembriônica, longo ciclo reprodutivo, esterilidade de pólen e do estigma, incompatibilidade e depressão por endogamia têm limitado o sucesso dos programas de melhoramento por hibridação controlada (SOARES FILHO et al., 2003).

### 2.5 O Estado da Arte da Salinidade

#### 2.5.1 Definição e causas

O termo salinidade refere-se à existência de níveis de sais solúveis na solução do solo que possam prejudicar significativamente o rendimento das plantas cultivadas (MUNNS & TESTER, 2008). Os ambientes salinos são definidos pela elevada concentração de sais solúveis no solo ( $\geq 4 \text{ dS m}^{-1}$  de condutividade elétrica), os quais podem ter origem tanto natural como antropogênica (WILLADINO & CÂMARA, 2004).

O acúmulo de sais no solo poderá ser de origem primária (intemperismo químico da rocha-mãe), ou secundária, causado pelos sais contidos na água de irrigação (RICHARDS, 1974). A ocorrência de solos salinos, salino-sódicos e sódicos é comum nas regiões áridas e semiáridas em razão da baixa precipitação pluvial e da alta taxa de evaporação (RUIZ et al., 2006). De acordo com Taiz & Zeiger (2004), a evaporação e a transpiração removem água pura (sob forma de vapor) do solo e esta perda de água concentra solutos no solo; outra forma de acúmulo de sais ocorre quando a água de irrigação contém alta concentração de solutos e não há possibilidade de descarregá-los em um sistema de drenagem, o que pode alcançar rapidamente níveis prejudiciais ao crescimento normal das plantas.

Nas regiões áridas e semiáridas os fatores potencializadores do processo de salinização, evaporação e transpiração, predominam sobre a precipitação. Assim, águas carregadas de sais procedentes da meteorização com lavagem deficiente, se acumulam em depressões, constituindo lençóis freáticos salinos; por ascensão capilar esta água atinge a superfície do solo, evapora, deixando os sais na superfície; este é o processo mais comum de salinização natural ou primária; entretanto, existem outras causas, como

o fato de regiões do planeta ter sido fundo de oceano em épocas remotas ou a salinização devida a aerossóis trazidos pelo vento (PIZARRO, 1978).

Devido à ação do homem, a salinização secundária geralmente está associada a práticas de cultivo e ao manejo inadequado da irrigação e da fertirrigação; em processo mais comum, ocorrido em regiões semiáridas, há elevação do lençol freático em virtude da irrigação com baixa eficiência (grandes perdas por percolação profunda), falta de acompanhamento técnico (os próprios agricultores tomam as decisões) e falta de uma drenagem eficiente do solo. Este processo pode ocorrer mesmo quando se irriga com água de boa qualidade, pois na maioria das vezes, a maior parte dos sais é proveniente do próprio solo, sais estes que se encontram insolúveis por causa da falta de umidade.

### 2.5.2 O problema da salinidade na agricultura

No mundo, estima-se que 19,5% das terras irrigadas (45 milhões de hectares) e 2,1% das não irrigadas (32 milhões de hectares) estejam afetadas pelos sais. A salinização dos solos é particularmente evidente nas regiões áridas e semiáridas, atingindo cerca de 25% das áreas irrigadas. Atualmente, estima-se que ocorra uma perda de cerca de 1,5 milhões de hectares de terras aráveis a cada ano devido ao acúmulo de sais. Dessa forma, a salinização tem sido identificada como o principal processo de degradação dos solos (FAO, 2006).

No Brasil, embora a informação sobre as áreas salinas não esteja bem definida, estima-se que 20 a 25% das áreas irrigadas enfrentem problemas de salinização (FAO, 2006). Este problema é mais conspícuo na região Nordeste, a qual possui uma área de 155 milhões de hectares, sendo que 52% dessa superfície são semiárida. Considerando que a prática da irrigação constitui a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança no semiárido e que a implantação dos projetos de irrigação tem sido incrementada nas últimas décadas, configura-se como de grande importância para a produção agrícola nessa região o desenvolvimento de pesquisas que venham a possibilitar um melhor manejo de solo e da água, face às projeções futuras de aumento da população e da demanda por alimentos (HOLANDA, 2010).

A prática da irrigação nas regiões áridas e semiáridas é indispensável devido à ocorrência do déficit hídrico para as culturas na época seca (OLIVEIRA, 1997). Entretanto, nessas regiões é comum a ocorrência de fontes de água com elevados teores de sais que, antes de serem utilizadas na irrigação, devem ser avaliadas, principalmente

sob os aspectos de salinidade, sodicidade e toxicidade de íons. A qualidade da água de irrigação pode variar significativamente de acordo com o tipo e a quantidade de sais nela dissolvidos. Para se prever problema futuro referente à qualidade da água para a irrigação, é importante considerar o potencial da água em criar condições no solo de modo a restringir sua utilização e avaliar a necessidade em ampliar técnicas especiais de manejo para manter bons rendimentos (AYRES & WESTCOT, 1991).

Em geral as práticas de manejo de recuperação de solos afetados por sais são muito caras, e o uso de espécies ou cultivares adaptáveis a tais condições adversas de solo pode ser uma estratégia promissora para melhorar a produção de alimentos. Nesse sentido, grande ênfase tem sido dada às pesquisas que tratam de aspectos fitotécnicos, tais como modificações das condições de cultivo e melhor manejo do ambiente em que as plantas são cultivadas e aumento da tolerância das culturas à salinidade, através da seleção e melhoramento genético e de domesticação de espécies selvagens (LACERDA et al., 2003). As práticas de manejo de solos salinos devem incluir combinações de manejo de solo, da água e da planta integralmente. No entanto, embora as diferenças entre as espécies com relação à tolerância à salinidade sejam bem relatadas, há necessidade de trabalhos básicos e aplicados nas áreas de fisiologia, genética e melhoramento de plantas, para melhor entendimento dos processos envolvidos (LACERDA, 2000).

### 2.5.3 Efeitos sobre as plantas

O estresse salino induz uma série de respostas morfológicas, fisiológicas e bioquímicas nas plantas, respostas essas que variam dependendo do genótipo e do estágio de desenvolvimento da planta; as plantas tolerantes a elevadas concentrações de sal são classificadas halófitas, as quais apresentam a capacidade de acumular grande quantidade de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  (UNGAR, 1991).

O primeiro efeito da salinidade sobre as plantas é de ordem osmótica, diminuindo a disponibilidade hídrica por baixar o estado energético da água, dificultando sua absorção pelo vegetal (MOYA et al., 2003). Alguns autores como Walker et al. (1993); Storey (1995) citam que o estresse salino afeta absorção de água de espécies cítricas, interferindo na nutrição mineral de plantas e em seu rendimento. O aumento do teor de sais na solução do solo reflete-se em potencial osmótico mais

negativo, exigindo das plantas maior dispêndio de energia para suprimento de suas necessidades hídricas (TAIZ & ZIEGER, 2004).

Em geral, o estresse salino restringe o crescimento das plantas; níveis excessivamente elevados de salinidade causam necrose de células do sistema radicular e da parte aérea; este conjunto de danos permanentes pode provocar a morte da planta; os efeitos do sal sobre as plantas são consequência de fatores osmóticos e iônicos. O componente osmótico resulta de elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do solo que reduz o potencial osmótico desta solução diminuindo, em contrapartida, a disponibilidade de água para a planta; por outro lado, o efeito iônico se refere aos íons absorvidos pela planta.

Cruz et al. (2003) avaliaram a influência da salinidade (0, 20, 40 e 80 mM de NaCl) sobre alguns índices fisiológicos e de crescimento do limoeiro 'Cravo', principal porta-enxerto da citricultura brasileira e verificaram redução na produção da matéria seca do caule e das raízes; nos níveis intermediários de NaCl (20 e 40 mM), a área foliar e a matéria seca das folhas não foram afetadas, o que só ocorreu no nível de 80 mM. O aumento dos níveis de salinidade resultou em redução na relação raiz/parte aérea das plantas, na condutância estomática, na transpiração e na temperatura foliar.

Segundo Moore et al. (2000), as toranjeiras [*C. maxima* (Burm.) Merr.] têm características de tolerância à salinidade, transmitidas a alguns híbridos envolvendo a espécie. Reduções no rendimento de limoeiro verdadeiro [*C. limon* (L.) Burm. f.] foram observadas por Cerdá et al. (1990), ao ser exposto à condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de aproximadamente 2 dS m<sup>-1</sup> acarretando, ainda, diminuição na área foliar e sintomas de toxidez nas folhas. Cole et al. (1985) notaram altas concentrações de cloreto em plantas com redução no rendimento e com sintomas de toxicidade.

### 2.5.4 Respostas gerais das plantas ao excesso de sais

O estresse salino afeta virtualmente todos os aspectos da fisiologia e metabolismo das plantas (ZHU, 2002). Os efeitos deletérios da salinidade no crescimento das plantas estão associados com a redução do potencial osmótico da solução do solo (estresse hídrico), distúrbios nutricionais, efeitos específicos de alguns íons (estresse iônico) ou uma combinação desses fatores (ASHRAF, 1994). A salinidade afeta o crescimento das plantas, inibindo tanto o processo de divisão como o de expansão celular (ZIDAN et al., 1990). Geralmente, o primeiro efeito da salinidade no

desenvolvimento das plantas é a redução no crescimento, provocado pelo decréscimo no potencial hídrico da solução do solo a nível abaixo do necessário para que ocorra a absorção de água pelas células das raízes, impedindo, por conseguinte, a expansão celular, visto que o potencial de pressão da célula tende a se igualar com o do solo (BOHNERT et al., 1995; TAIZ & GEIZER, 2004). A redução no potencial hídrico do meio pode induzir o estresse hídrico na planta inteira (PARIDA & DAS, 2005). Além disso, a salinidade reduz a condutividade hidráulica das raízes (SOHAN et al., 1999), limitando o fluxo de água e sais para a parte aérea. Posteriormente, o acúmulo excessivo de sais pode levar à morte dos tecidos, órgãos e mesmo da planta inteira. Isso ocorre, em grande parte, devido aos distúrbios provocados pelos efeitos dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  acumulados nas células, os quais afetam vários processos metabólicos (MUNNS, 2002).

As plantas para sobreviverem ao estresse salino, utilizam vários mecanismos bioquímicos e fisiológicos. As rotas bioquímicas que aumentam a tolerância à salinidade, provavelmente agem aditivamente e sinergisticamente (IYENGAR & REDDY, 1996). Tais estratégias incluem o acúmulo seletivo ou a exclusão de íons, o controle na absorção dos íons para as folhas, a compartimentalização dos íons nas células ou na planta como um todo, síntese de solutos compatíveis, mudanças na rota fotossintética, alteração na estrutura das membranas, indução de enzimas antioxidantes e hormônios vegetais (PARIDA & DAS, 2005).

### **2.5.5 Aclimação, adaptação e tolerância das plantas à salinidade**

No estudo das respostas das plantas a condições de estresse salino, é importante diferenciar as mudanças que ocorrem durante a vida do indivíduo e aquelas que são resultado de vários ciclos de seleção natural ou artificial de genes e que, portanto, fazem parte da estrutura genética da espécie. No primeiro caso, as mudanças ocorrem em decorrência de modificações fisiológicas temporárias, envolvendo uma série de processos metabólicos em resposta à presença do estresse, dando origem a um processo conhecido como aclimação. No segundo, há uma série de alterações morfofisiológicas definidas que conduzem a evolução da espécie num processo denominado de adaptação. Embora os processos de aclimação e adaptação envolvam alterações na expressão gênica, somente os mecanismos de adaptação são transmitidos de uma geração para outra (ABREU, 2004).

As respostas das plantas à salinidade ocorrem tanto a nível celular quanto da planta como um todo (YEO, 1998; MANSOUR & SALAMA, 2004). Tais respostas incluem o acúmulo seletivo ou a exclusão de íons, o controle na absorção dos íons pelas raízes, a síntese de solutos compatíveis, mudanças na rota fotossintética, alteração na estrutura das membranas, indução de enzimas antioxidantes e de hormônios vegetais (PARIDA & DAS, 2005).

De acordo com Flowers et al. (1977) e Greenway & Munns (1980), a tolerância à salinidade de plantas é a capacidade de se desenvolverem e completarem seu ciclo de vida sobre um substrato que contém elevada concentração de sais solúveis.

As culturas não respondem de maneira semelhante à salinidade, ou seja, algumas conseguem produzir rendimentos economicamente viáveis, em níveis elevados de salinidade do solo, enquanto outras podem até não se desenvolverem. Maas & Hoffman (1977) afirmam que, de maneira geral, a salinidade afeta as plantas em todos os estádios de desenvolvimento sendo que em algumas culturas mais sensíveis seus efeitos podem variar dos primeiros estádios aos últimos.

Segundo Richards (1954), a tolerância à salinidade pode ser analisada de acordo com os seguintes critérios: (a) capacidade da cultura em sobreviver em solos salinos; (b) rendimento da cultura em solos salinos; (c) rendimento da cultura em solo salino, comparado ao de um solo não-salino, sendo este último critério o melhor para estudos comparativos. Conforme Rhoades et al. (1992), na seleção de culturas para solos salinos deve-se dar particular atenção à sua tolerância à salinidade durante o desenvolvimento inicial, pois baixas produções resultam, comumente, de falhas na obtenção de densidades satisfatórias de plantas. Algumas culturas tolerantes em fases posteriores às do crescimento se mostram, ao contrário, muito sensíveis na fase inicial.

Em relação à tolerância das culturas aos sais solúveis e ao sódio, Rhoades & Loveday (1990) citam que, entre as alterações desenvolvidas pelas plantas para se adaptarem aos sais, se encontram as de natureza morfológica (maior suculência devido à presença de um grande parênquima paliçádico) e as anatômicas (estrias de Caspary mais largas e segunda endoderme no córtex). Conforme Flowers & Flowers (2005) e Epstein & Bloom (2006), o mecanismo de tolerância mais evidente aos sais, é a adaptação morfológica das plantas decorrente da redução da disponibilidade de água.

Segundo Adnan (2004), em citros ocorre, primeiramente, decréscimo do potencial osmótico em resposta aos níveis de salinidade; os mecanismos fisiológicos de

adaptação, como acumulação, exclusão de íons e ajustamento osmótico, são os mais importantes.

As plantas tolerantes à salinidade devem ser capazes de ajustar o potencial osmótico das células, o que envolve não só a absorção e a acumulação de íons como também a síntese de solutos orgânicos (FLOWERS, 2004; TAIZ & ZEIGER, 2004). A importância relativa de muitos mecanismos varia entre espécies de planta, entre cultivares da mesma espécie e, em alguns casos, entre partes da planta (FAGERIA & GHEYI, 1997; EPSTEIN & BLOOM, 2006).

É provável que o mecanismo mais importante para regular o potencial osmótico seja a absorção seletiva de íons. Plantas tolerantes possuem capacidade de absorver nutrientes essenciais da solução salina em que a concentração de íons não essenciais (tóxicos) é muito maior que a de íons essenciais; por exemplo, a concentração de  $\text{Na}^+$ , em solução de solos salinos é maior que a de  $\text{K}^+$ ; entretanto, a relação Na: K, em plantas que crescem neste tipo de solo, é aproximadamente igual a um ou menos. Esta alta especificidade para absorção de  $\text{K}^+$  está presente em várias espécies de plantas (FAGERIA & GHEYI, 1997; FLOWERS & FLOWERS, 2005).

Os resultados referentes à tolerância de plantas a níveis elevados de salinidade devem ser analisados e interpretados adequadamente, antes de serem aplicados na prática. Os critérios de avaliação podem envolver mecanismos morfológicos (folhas mortas, redução em peso de matéria seca da parte aérea ou grãos) e mecanismos fisiológicos (KOZLOWSKI & PALLARDY, 2002).

Fageria & Gheyi (1997) citam, dentre outros, como referenciais em avaliações de estresse salino tomando por base alguns caracteres, o número de folhas presentes na planta em dado nível de salinidade, sendo os genótipos classificados tolerantes, moderadamente tolerantes ou moderadamente susceptíveis e susceptíveis; outro referencial é a redução na produção de matéria seca sob certo grau de salinidade em relação à testemunha; este critério é considerado o melhor para a avaliação devida sua aplicação em condições de campo; além desses critérios, pode ser usado o índice de eficiência de produção (IEP), calculado com base na relação entre a produção média obtida com alto e baixo nível de salinidade, classificando os genótipos quanto à tolerância à salinidade.

### 2.5.6 Controle do excesso de íons

As plantas não toleram grandes quantidades de sais no citoplasma e, dessa forma, sob condições de estresse salino, elas tanto restringem o excesso de sais nos vacúolos como compartimentalizam os íons em diferentes tecidos, para facilitar suas funções metabólicas (NIU et al., 1995; IYENGAR & REDDY, 1996). Uma vez que o NaCl é o principal sal encontrado nos solos salinos, várias pesquisas têm focado os sistemas de transporte que utilizam o Na<sup>+</sup> como soluto osmótico (BLUMWALD et al., 2000; HASEGAWA et al., 2000). Do ponto de vista energético, os íons Na<sup>+</sup> são mais sintetizados em resposta aos sais (TAIZ & ZEIGER, 2004). Entretanto, vários processos metabólicos podem ser afetados negativamente pela presença em excesso de Na<sup>+</sup> no citosol (BLUMWALD et al., 2000). Quando os íons Na<sup>+</sup> se acumulam em excesso, nas folhas, pode ocorrer o surgimento de manchas necróticas e a queima de suas pontas (LACERDA et al., 2003; BOSCO et al., 2009).

A homeostase intracelular do Na<sup>+</sup> e a tolerância à salinidade são modulados pelo Ca<sup>+</sup>, sendo que altas concentrações externas de Na<sup>+</sup> afetam negativamente a absorção de K<sup>+</sup> (NIU et al., 1995). O Na<sup>+</sup> compete com o K<sup>+</sup> por um sistema de transporte em favor do K<sup>+</sup> (MAATHUIS et al., 2006). A absorção em excesso de Cl<sup>-</sup> também provoca alteração no metabolismo como, por exemplo, inibição da fotossíntese provocada por seu acúmulo nos cloroplastos e o surgimento de injúrias nas folhas (TAIZ & ZEIGER, 2004). O Cl<sup>-</sup> é acumulado rapidamente nas folhas mais jovens nos estágios iniciais de crescimento (COSTA et al., 2003), se tornando um sério problema para seu desenvolvimento.

O controle do balanço iônico é um dos processos mais importantes na determinação da tolerância das plantas a ambientes salinos. Dessa forma, vários grupos de pesquisa têm trabalhado na obtenção de plantas transgênicas que superexpressam elementos responsáveis pelo controle da homeostase iônica sob salinidade. A expressão de proteínas reguladoras de leveduras, os quais controlam os níveis intracelulares de K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>, e a superexpressão dos antiportes Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> vacuolar (APSE & BLUMWALD, 2002) e de membrana plasmática (SHI et al., 2003), bem como da H<sup>+</sup>- pirofosfatase vacuolar (GAXIOLA et al., 2001), em plantas de *Arabidopsis thaliana*, conferiram aumento na tolerância das plantas à salinidade. Esses resultados indicam que quando se deseja selecionar um genótipo com maior tolerância ao estresse salino, uma importante característica a ser observada é a capacidade de manutenção da homeostase iônica.

### 2.5.7 Ajustamento osmótico

As plantas reduzem o potencial osmótico de suas células ao acumular íons do meio externo, ou pela mobilização de seus próprios constituintes orgânicos, sendo tal processo denominado de ajustamento osmótico ou osmorregulação (YAMAGUCHI & BLUMWALD, 2005). Muitas das plantas que toleram o efeito do estresse salino o fazem por sintetizar compostos orgânicos, conhecidos como solutos compatíveis. Eles são em número bastante limitado, pois somente poucos compostos podem existir em concentrações relativamente altas no citoplasma sem causar danos às enzimas (LACERDA et al., 2003).

Convém lembrar que, ao contribuir para a realização do ajustamento osmótico, os íons podem exercer efeitos tóxicos sobre as plantas. A interferência dos sais ocorre diretamente na atividade enzimática e, em consequência, processos fisiológicos e bioquímicos, tais como: respiração, fotossíntese e metabolismo de proteínas e ácidos nucleicos são afetados (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Desse modo, as plantas tolerantes à salinidade devem ser capazes de ajustar o seu potencial osmótico, o que envolve tanto a absorção e a acumulação de íons como a síntese de solutos orgânicos. Embora estes dois mecanismos tenham sido usados como base de classificação das plantas halófitas, eles geralmente operam juntos. O mecanismo dominante varia entre espécies de planta e, em alguns casos, entre partes da planta.

Quando expostas a vários tipos de estresses, as plantas acumulam solutos osmóticos não tóxicos, por isso chamados de solutos compatíveis. Os solutos que se acumulam variam muito entre as espécies de plantas. Podem ser açúcares simples (principalmente glucose e frutose), açúcares complexos (trealose, rafinos e frutanas) (BOHNERT & JENSEN, 1996), polióis cíclicos (MERCHANT & ADAMS, 2005), compostos quaternários de amônio derivados de aminoácidos (glicina betaína, alanina betaína, prolina betaína), aminoácidos, aminas terciárias e compostos sulfonados (ASHRAF & HARRIS, 2004). Geralmente, é aceito que o aumento na osmolaridade celular, devido ao acúmulo de solutos compatíveis, é acompanhado pelo aumento no influxo de água ou, pelo menos, redução no seu efluxo, proporcionando assim, a turgescência necessária para a expansão celular (HARE et al., 1998).

Os solutos compatíveis, apesar de se acumularem em elevadas concentrações no citosol, auxiliando na manutenção do equilíbrio osmótico com os vacúolos, quando estes compartimentalizam íons em excesso, não interferem com as reações bioquímicas

normais (BRAY et al., 2000; HASEGAWA et al., 2000), pois têm efeito mínimo no pH e no balanço de cargas do citosol e compartimentos luminais das organelas (PARIDA & DAS, 2005). É importante destacar, que a tolerância à desidratação depende, também, da habilidade das células de manterem a integridade de suas membranas e prevenir a desnaturação das proteínas. Os solutos compatíveis também atuam na proteção das proteínas, membranas e lipossomos sob condições ambientais adversas (CROWE et al., 1992; ASHRAF & HARRIS, 2004).

A síntese de solutos compatíveis é realizada, frequentemente, através do desvio de intermediários metabólicos básicos para outras reações bioquímicas (PARIDA & DAS, 2005). A alteração das rotas metabólicas normais, pela superexpressão de enzimas envolvidas na síntese de solutos compatíveis, tem sido uma técnica utilizada para a obtenção de plantas mais tolerantes aos estresses hídrico e salino (BOHNERT & JENSEN, 1996). Porém, a utilização de técnicas de transformação deve ser vista com cautela. Apesar de ser muito importante para o estudo das funções fisiológicas e bioquímicas dos solutos compatíveis, quando se pensa no cultivo agrícola dos solutos compatíveis, quando se pensa no cultivo agrícola dessas plantas deve-se observar se o desvio de uma determinada rota bioquímica para a síntese de solutos compatíveis não interfere na produção da cultura sob condições normais de cultivo.

### **2.5.8 Mecanismos de tolerância das plantas à salinidade**

As plantas apresentam diferentes mecanismos de tolerância frente ao estresse salino, os quais variam enormemente de acordo com os vários fatores internos e externos. Segundo Parida & Das (2005), as plantas submetidas à salinidade desenvolvem, de uma forma geral, mecanismos bioquímicos e moleculares para diminuir os efeitos nocivos do sal e esses mecanismos bioquímicos e moleculares podem ser de alta ou baixa complexidade. A salinização dos solos acarreta, para os vegetais, os estresses osmóticos, iônicos e oxidativos, os quais podem ser diferenciados sob vários níveis (TESTER & DAVENPORT, 2003) e que, frequentemente, afetam o desenvolvimento das plantas.

#### **2.5.8.1 Tolerância aos efeitos osmóticos**

Num intervalo de tempo de minutos a horas, apenas o efeito osmótico atua sobre a planta induzindo variações essencialmente instantâneas (MUNNS, 2002). Para minimizar os efeitos osmóticos as plantas podem acumular compostos osmorreguladores, como a prolina, glicinabetaína (ASHRAF & FOOLAD, 2006) e carboidratos (ROLLETSCHEK & HARTZENDORF, 2000). Suas funções osmóticas são devidas exclusivamente às suas estruturas químicas (PARIDA & DAS, 2005). Entre esses osmorreguladores se destaca na literatura o acúmulo de prolina.

Um aumento na concentração de íon sódio e de cloreto induz o incremento da prolina, pela diminuição da atividade de prolina desidrogenase, uma enzima catabólica de prolina (PARIDA & DAS, 2005). A prolina tende a se acumular nos tecidos vegetais sob estresse hídrico (FERREIRA et al., 2002), mas, como a assimilação do nitrogênio é reduzida sob tais condições, supõe-se que esse composto se origine da rotatividade de proteínas. É interessante destacar que entre os N-aminossolúveis que se acumulam em resposta ao estresse osmótico a prolina é, indiscutivelmente a mais relatada (FERREIRA et al., 2002).

Apesar da forte correlação entre tolerância aos estresses e acúmulo de prolina em plantas superiores, esta relação não é universal (Ashraf & Foolad, 2006), haja vista que alguns autores sugerem que o acúmulo de prolina é apenas uma consequência do estresse e não uma resposta adaptativa (COSTA et al., 2003). No entanto, o acúmulo de prolina em plantas sob estresse tem sido relacionado mais à tolerância do que à susceptibilidade às condições de estresse (ASHRAF & FOOLAD, 2006).

Segundo Fricke et al. (2006), em algumas espécies a acumulação de íons sódio e cloreto também favorecem o ajustamento osmótico e a redução do potencial hídrico da planta. Porém a exposição ao excesso de sais por um longo período pode causar, na planta, danos por toxicidade, quando não exportados, secretados ou compartimentados adequadamente. A compartimentalização de sais em nível radicular pode reduzir a produção da biomassa seca da raiz afetando principalmente a relação raiz/parte aérea, mas como a subida dos sais para a parte aérea é menor, os efeitos tóxicos da salinidade no aparato fotossintético da planta também são inibidos (MAGGIO et al., 2007).

### **2.5.8.2 Tolerância aos efeitos iônicos**

De acordo com Munns et al. (2002), frente aos efeitos iônicos do sal os mecanismos de tolerância podem apresentar-se em três níveis de organização: planta

inteira, organela e molecular. No nível de planta inteira a tolerância depende da habilidade da planta em controlar o transporte do sal em pontos estratégicos das plantas, as quais evitam que os sais alcancem níveis tóxicos nas folhas, através da retenção dos sais em outras partes da planta ou na exclusão dos mesmos. O controle do nível de organela é atrelado à manutenção dos íons fora das células e à compartimentalização dos íons para os vacúolos celulares, impedindo-os que entrem em contato com as enzimas, caso, em que deve ocorrer, paralelamente, o acúmulo de íons potássio e de solutos compatíveis, como prolina e glicina-betaína, no citoplasma, para balancear a pressão osmótica dos íons no vacúolo. No nível molecular, o controle ocorre através dos canais transportadores de íons que os carregam para fora da célula e até mesmo não permitem sua entrada no meio intracelular. Como não há transportadores específicos para o íon sódio, ele compete com outros cátions, sobretudo o íon potássio, através de transportadores de alta afinidade pelo íon potássio ou daqueles de baixa afinidade; esses são fortemente influenciados pelo íon cálcio.

As plantas também podem absorver os íons e mantê-los em concentração constante por longos períodos, desde que a absorção de água seja proporcional à sua absorção, resultando em aumento no grau de suculência (LARCHER, 2004). Embora muitos desses mecanismos sejam especialmente eficientes nas halófitas, eles também têm sido observados em glicófitas.

Como alguns solutos osmorreguladores também protegem os componentes celulares das injúrias causadas pela desidratação, eles são comumente referidos como osmoprotetores (ASHRAF & FOOLAD, 2006).

### 2.5.8.3 Tolerância aos efeitos oxidativos

O estresse oxidativo é definido como desequilíbrio na relação entre compostos antioxidantes versus pró-oxidantes, levando ao aumento do nível das espécies reativas de oxigênio, ROS. A sinalização para o mecanismo de desintoxicação das plantas, não ocorre devido, provavelmente, às mudanças iônicas ou osmóticas, mas ao aumento de ROS presentes nas células (ZHU, 2002).

Para lidar com o estresse oxidativo plantas superiores têm desenvolvido sistemas antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos encontrados em diferentes organelas como cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos (PANG & WANG, 2008). Entre os sistemas antioxidantes não enzimáticos atuam o ácido ascórbico (vitamina C) e os compostos

fenólicos. O efeito do estresse salino também pode provocar estímulo ou inibição de enzimas envolvidas nos processos metabólicos, como as peroxidases (Lima et al., 1999), as quais sequestram o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), o primeiro composto formado durante os danos oxidativos que, em seguida, é decomposto por meio da oxidação de cossustratos, como compostos fenólicos e/ou antioxidantes enzimáticos (DIONISIO-SESE & TOBITA, 1998).

Os compostos fenólicos são constituintes de um amplo e complexo grupo de fitoquímicos, produtos secundários do metabolismo vegetal. Tais compostos apresentam, em sua estrutura, um anel aromático com uma ou mais hidroxilas, o que possibilita que os mesmos atuem como agentes redutores exercendo proteção ao organismo contra o estresse oxidativo (SCALBERT & WILLIMSON, 2000).

Outro composto citado na literatura para auxiliar na tolerância aos efeitos oxidativos da salinidade nas plantas é a prolina, estabilizando a estrutura das macromoléculas e organelas (GIRIJA et al., 2002), tal como, influenciando positivamente na defesa da peroxidação lipídica das membranas celulares das plantas submetidas à salinidade (JAIN et al., 2001). A L-prolina é um aminoácido por possuir uma porção amino ( $C=NH$ ), um grupo funcional carboxil e um grupo amino secundário, e é reportada como importante osmoprotetor em muitas plantas (MONILARI, 2006). A prolina, por possuir um anel pirolina que lhe confere baixa capacidade de ceder elétrons, forma um complexo de transferência de carga e sequestra  $O_2$  livre atuando, desta forma, na redução da produção de íons superóxidos (REDDY et al., 2004), os quais podem ser produzidos em maior quantidade durante os estresses, de forma geral.

### 2.5.9 Salinidade em plantas cítricas

Pompeu Junior et al. (1986) citam, dentre as características significativas para um porta-enxerto, sua tolerância à salinidade além de influências sobre a produção quantitativa e qualitativa de frutos, precocidade e permanência dos frutos na planta.

Em documento descrevendo o sistema de produção de citros para o Nordeste, a Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, relaciona as características dos principais porta-enxertos utilizados na região, abordando informações sobre salinidade (AZEVEDO, 2003):

Limoeiro 'Rugoso' (*C. jambhiri* Lush.) - Boa tolerância à seca e moderada à salinidade, ótima adaptação a solos arenosos profundos; suscetibilidade à gomose de

*Phytophthora* e ao declínio dos citros, indução de boa produtividade às copas nele enxertadas, início precoce de produção de frutos, sendo esses de qualidade inferior; as cultivares Nacional e da Flórida são incompatíveis com a copa de laranjeira ‘Pera’ (*C. sinensis*);

Tangerineiras ‘Cleópatra’ (*C. reshmi* hort. ex Tanaka) e ‘Sunki’ [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] - Tolerância moderada à seca e à gomose de *Phytophthora*, tolerância à morte súbita dos citros, maior tolerância ao declínio dos citros que os limoeiros ‘Cravo’, ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* V. Ten. & Pasq.) e Rugoso, indução de boa produtividade às copas nelas enxertadas, início tardio de produção de frutos, embora de boa qualidade. Dentre os porta-enxertos comerciais a tangerineira ‘Cleópatra’ tem a maior tolerância à salinidade;

Citrumelo ‘Swingle’ [*C. paradisi* Macfad. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] - Tolerância moderada à seca, à salinidade e ao declínio dos citros, tolerância à morte súbita dos citros, resistência à gomose de *Phytophthora*, indução de boa produtividade às copas nele enxertadas, início tardio de produção de frutos, sendo esses de boa qualidade, incompatibilidade com laranjeira ‘Pêra’.

Tozlu et al. (2000) verificaram ser o *Poncirus trifoliata* um porta-enxerto tolerante à salinidade. Moya et al. (2003) constataram resultados semelhantes e a possibilidade de ser essa tolerância de natureza genética, em virtude de ser repassada a indivíduos F1, provenientes de cruzamentos com outras espécies. Soares et al. (2006) constataram, estudando o efeito da salinidade em três porta-enxertos de citros (Limão Cravo, Tangerina Cleópatra e citrumeleiro Swingle) pouco efeito da salinidade, o que os autores relacionam ao curto período do experimento.

### 2.5.10 Efeito da salinidade nas trocas gasosas e na condutância estomática

Associado ao acúmulo total de sais no solo, o estresse osmótico reduz a disponibilidade de água para os vegetais e, em consequência, pode afetar as trocas gasosas e o crescimento das plantas (BEZERRA et al., 2003); além disso, nas espécies sensíveis o acúmulo de sódio e de cloreto pode produzir necrose nos tecidos foliares e acelerar a senescência de folhas maduras, fatores que reduzem a área destinada à fotossíntese (MUNNS, 2002; BEZERRA et al., 2005); deste modo, se os efeitos osmóticos e específicos dos íons associados com a salinidade ultrapassam o limite de tolerância da planta, ocorrem distúrbios funcionais e injúrias, caso em que a fotossíntese

é limitada não só pelo fechamento estomático, mas também pelo efeito dos sais nos cloroplastos.

Por sua vez, a redução na taxa fotossintética, pode ser devida ao fechamento parcial dos estômatos associado aos efeitos osmóticos da salinidade (BEZERRA et al., 2005; WILSON et al., 2006b). De acordo com Kurban et al. (1999), as reduções nas taxas fotossintéticas pelo estresse salino podem, no entanto, estar mais relacionadas aos danos no aparelho fotossintético e/ou no sistema enzimático de fixação do CO<sub>2</sub>, causadas pela toxidez iônica sobre o metabolismo do que propriamente com as limitações estomáticas.

De acordo com Gholz et al. (1990), a disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas por controlar a abertura dos estômatos e, em consequência, a produção de fitomassa. O decréscimo de água no solo diminui o potencial de água na folha e sua condutância estomática promovendo o fechamento dos estômatos, o qual bloqueia o fluxo de CO<sub>2</sub> para as folhas afetando o acúmulo de fotoassimilados, o que pode reduzir a produtividade.

Ao absorverem CO<sub>2</sub>, inevitavelmente, as plantas perdem água pelas folhas. Esta perda de água ocorre, sobretudo através dos estômatos, que apresentam mecanismos para controlar seu grau de abertura. Este controle é atribuído à condutância estomática foliar, frequentemente utilizada como indicador da deficiência hídrica (MC DERMIT, 1990).

O conhecimento das respostas de alguns atributos fisiológicos, tais como, trocas gasosas, assimilação de carbono, transpiração e condutância estomática, às variações dos níveis de salinidade da água, poderá ser de grande importância na utilização de água de menor qualidade para irrigação, visando à maximização da produção e maior economia no uso da água.

### REFERÊNCIAS

ABREU, C. E. B. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em plântulas de cajueiro anão-precoce submetida à salinidade em duas condições de cultivo.** 2004. 126 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

## Capítulo II – Revisão de literatura

---

ADNAN, A.Y.; Influence of salinity on citrus: A review paper. **Central European Agriculture Journal**, v.5, n.4, p.23-27, 2004.

AGRIANUAL 2009: **Anuário da agricultura brasileira**. FNPCE COMÉRCIO - São Paulo: Argos Comunicação, 2009.

ARAUJO, E. F.; ROQUE, N. Taxonomia dos citros. In: MATOS JÚNIOR, D.; NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JÚNIOR, J. **Citros**. Campinas: IAC; Fundag, 2005. cap. 6, p. 127 – 143.

APSE, M. P.; BLUMWALD, E. Engineering salt tolerance in plants. **Current Opinion in Biotechnology**, Amsterdam, v.13, p.146-150, 2002.

ASHRAF, M.; FOOLAD, M.R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and Experimental Botany**, p. 1-11, 2006.

ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, London, v.166, p.3-16, 2004.

ASHRAF, M. Organic substances responsible for salt tolerance in *Eruca sativa*. **Biologia Plantarum**, Praga, v.36, p.255-259, 1994.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água para irrigação**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. 153pp. 1999. Tradução de Gheyi, H.R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F.A.V. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29. Revisado).

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande, PB: UFPB, 1991. 218p.

AZEVEDO, C.L.L. Sistema de Produção de Citros para o Nordeste. Embrapa Mandioca e Fruticultura: Cruz das Almas, BA. Sistema de Produção, 16. Versão eletrônica, 2003. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Citros/CitrosNordeste.htm>. Acesso em 10/04/2011.

BLUMWALD, E.; AHARON, G. S.; APSE, M. P. Sodium transport in plant cells. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v.1465, p.140-151, 2000.

## Capítulo II – Revisão de literatura

---

BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F. DE; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e fotossíntese de plantas jovens de cajueiro anão-precoce sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, suplemento, p.90-94, 2005.

BEZERRA, M. A.; OLIVEIRA, R. A.; LACERDA, C. F. DE; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Fotossíntese de plantas de cajueiro-anão precoce submetidas ao estresse salino. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v.47, p.149-152, 2003.

BORDIGNON, R. et al. Características da laranjeira Valencia sobre clones e híbridos de porta-enxertos tolerantes à tristeza. **Bragantia**, v.62, p.381-395, 2003.

BOHNERT, H. J.; NELSON, D. E.; JENSEN, R. G. Adaptations to environmental stresses. **Plant Cell**, Rockville, v.7, n.6, p.1099-1111, 1995.

BOHNERT, H. J.; JENSEN, R. G. Strategies for engineering water stress tolerance in plants. **Trends in Biotechnology**, London, v.14, p.89-97, 1996.

BOSCO, M. R. de O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, n.3, p.296-302, 2009.

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, B. B., GRUISSEM, W.; JONES, R. L. (Ed.). **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. Rockville: ASPP, p.1158-1203. 2000.

CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, Í. H. L. (2006) - Uso da água salina na agricultura. In: Cavalcante, L. F.; Lima, E. M (Eds). **Algumas frutíferas tropicais e a salinidade**. FUNEP, Jaboticabal, pp. 1-9.

Citrolima. **Trifoliata**. São Paulo, 9 de jan. 2009. Disponível em: < Acesso em 9 jan. 2009.

COLE, P.J. Chloride toxicity in citrus. **Irrigation Science**, v.6, n.1, p.63-71, 1985.

COLE, P.J. Chloride toxicity in citrus. **Irrigation Science**, v.6, n.1, p.63-71, 1985.

COSTA, P. H. A.; SILVA, J. V.; BEZERRA, M. A.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de

## Capítulo II – Revisão de literatura

---

*Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Botânica**, V. 26, n. 3, p. 289-297, jul.-set. 2003.

CROWE, J. H.; HOEKSTRA, F. A.; CROWE, L. M. Anhydrobiosis. **Annual Review of Physiology**, Palo Alto, v.54, n.1, p. 579-599, 1992.

CRUZ, J.L.; PELACANI, C.R.; SOARES FILHO, W.S.; CASTRO NETO, M.T.; COELHO, E.F.; DIAS, A.T.; PAES, R.A. Produção e partição de matéria seca e abertura estomática do limoeiro 'Cravo' submetido a estresse salino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.3, p.528-531, 2003.

DIONISIO-SESE, M.L.; TOBITA, S.; Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. **Plant Science**, Strasbourg, v.135, p. 1-9, 1998.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema de Produção para pequenos produtores de citros do Nordeste. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Sistema de Produção, 17. ISSN 1678-8796 Versão eletrônica. 2005. Disponível in: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/StarTreeSP/Citros/CitrosNEPequenosProdutores/CitrosNEPequenosProdutores.html>. Acesso em 08/09/2011

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2ªed. Londrina: Editora Planta, 2006, 403p.

FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. **Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares**. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. (ed.) Manejo e controle da salinidade na agricultura. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.363-383.

FAO. Oranges; tangerines, mandarins, clementines and satsumas; lemons and limes, grapefruit and pumelos. Roma. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso: dez. 2008.

FAO. Sistema de Produção de Citros para o Nordeste. Embrapa Mandioca e Fruticultura: Cruz das Almas, BA. A cultura de citros – Produção internacional. Laranja – SOURCE: FAO 2010. Atualizado em 15/12/2009. Consultado em 15/01/2010. [http://www.cnpmf.embrapa.br/pesquisa-culturas\\_pesquisadas-citros.php](http://www.cnpmf.embrapa.br/pesquisa-culturas_pesquisadas-citros.php).

## Capítulo II – Revisão de literatura

---

FAO: **Extent and Causes of Salt-affected Soils in Participating Countries**. FAO - Land and Plant nutrition management service. Disponível em:

<http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/topic2.htm#top>. Acesso em: 10 mar. 2008.

FAO. **Water in agriculture: opportunity untapped**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.

FERREIRA, V. M.; MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, L. E. M.; PURCINO, A. Á. C. Metabolismo do nitrogênio associado à deficiência hídrica e sua recuperação em genótipos de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 13-17, 2002.

FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.396, p.307-319, 2004.

FLOWERS, T. J.; TROKE, P. F.; YEO, A. R. The mechanism of salt tolerance in halophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 28, p. 89-121, 1977.

FRICKE, W.; AROVA, G. A.; WEI, W.; ALEXANDERSSON, E.; MILLER, A.; KJELLBOM, P. O.; RICHARDSON, A.; WOJCIECHOWSKI, T.; SCHREIBER, L.; VESELOV, D.; KUDOYAROVA, G.; VOLKOV, V. The short-term growth response to salt of the developing barley leaf. **Journal of Experimental Botany**. Plants and Salinity Special Issue, vol. 57, no. 5, p. 1079–1095, 2006.

FUNDECITRUS. **Fundo de Defesa da Citricultura**. Manual de morte súbita dos citros. Araraquara: Fundecitrus, 2006. 12 p.

GAXIOLA, R.; LI, J.; UNDURRAGA, S., DANG, L. M.; ALLEN, G. J.; ALPER, S.; FINK, G. Drought- and salt-tolerant plants result from overexpression of the AVP1 H<sup>+</sup>-pump. **Proceedings of the National Academy of Sciences, Washington**, v.98, p.11444-11449, 2001.

GHOLZ, H.L.; EWEL, K.C.; TESKEY, R.O. Water and forest productivity. **Forest Ecological Management**, Amsterdam, v.30, n.1, p.1-18, 1990.

GIRIJA, C.; SMITH, B.N.; SWAMY, P.M. Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in peanut (*arachis hypogaea* L.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 47, p. 1-10, 2002.

## Capítulo II – Revisão de literatura

---

- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v.31, p.149-190, 1980.
- HARE, P. D.; CRESS, W. A.; VAN-STADEN, J. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.21, n.6, p.535-553, 1998.
- HASSE, G.A. **A laranja no Brasil 1500-1987: A história da agroindústria cítrica brasileira, dos quintais coloniais às fábricas exportadoras de suco do século XX.** São Paulo: Duprat & lobe Propaganda, 1987. p. 18-23.
- HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo alto, v.51, n.1, p.463-499, 2000
- HERRERO, R.; ASÍNS, M.J.; CARBONELL, E.A.; NAVARRO, L. Genetic diversity in the orange subfamily Aurantioideae. I. Intraspecies and intragenus genetic variability. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 92, p. 599-906, 1996.
- HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 43-61
- HUTCHISON, D.J. Swingle citrumelo - a promising rootstock hybrid. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Society**, Tallahassee, v. 87, p. 89-91, 1974.
- IBGE. Sidra. Citros. Disponível em: < [http://www.ibge.gov.br] >. Acesso em: 03 maio 2008.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Os números da citricultura. São Paulo: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1997. 28 p.
- KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, Victoria, v.1, n.1, p.1-29, 1997.
- KURBAN, H.; SANEOKA, H.; NEHIRA, K.; ADILLA, R.; PREMACHANDRA, G. S.; FUJITA, K. Effect of salinity on growth, photosynthesis and mi-neral composition in

leguminous plant *Alhagi pseudoalhagi* (Bieb.). **Soil Science and Plant Nutrition**, v.45, p.851-862, 1999.

LACERDA, C. F. **Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos a estresse salino**. 2000. 163f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A. Osmotic adjustment in roots and leaves of two sorghum genotypes under NaCl stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 15, p. 113-118, 2003.

LATADO, R.R. et al. A obtenção de híbridos somáticos de limão Cravo e tangerina Cleópatra. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.37, p.1725-1741, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.

LIMA, G. P. P.; BRASIL, O. G. B.; OLIVEIRA, A. M. Poliaminas e atividade da peroxidase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob estresse salino. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 1 Piracicaba 1999.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.H. Crop salt tolerance - Current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division, **American Society of Civil Engineers**, v.103, p.115-134, 1977.

MAATHUIS, F. J. M. The role of monovalent cation transporters in plant responses to salinity. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.57, Salinity Special Issue, p.1137-1147, 2006.

MAGGIO, A.; RAIMONDI, G.; MARTINO, A.; PASCALE, S. Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, p. 276–282, 2007.

MANSOUR, M. M. F.; SALAMA, K. H. A. Cellular basis of salinity tolerance in plants. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v.52, n.2, p.113-122, 2004.

MCDERMID D.K., 1990. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. **HortScience**, 25 (12), 1538-48.

MERCHANT, A.; ADAMS, M. Stable osmotic in *Eucalyptus spathulata* - responses to salt and water deficit stress. **Functional Plant Biology**, Victoria, v.32, n.9, p.797-805, 2005.

MOLINARI, H. B. C. **Expressão estresse-induzida do gene p5cs em plantas transgênicas de cana-de-açúcar submetidas ao déficit hídrico**. 2006. 109 f. Tese (Doutorado em ciências) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MOORE, G.A.; GUY, C.L.; TOZLU, I.; WEBER, C.A. Mapping quantitative trait loci for salt tolerance and cold tolerance in *Citrus grandis* (L.) Osb x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. hybrid populations. **Acta Horticulturae**, v.53, p.37-45, 2000.

MOURÃO FILHO, F.A.A.; MENDES, B.M.J. Hibridação somática para melhoramento de citros em São Paulo. In: SEM. INT. CITROS: melhoramento, 7., 2002. Bebedouro. **Anais...** Bebedouro: [s.n.], 2002. p.134-140.

MOYA, J.L.; GOMEZ-CADENAS, A.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M. Chloride absorption in salt-sensitive Carrizo citrange and salt-tolerant Cleopatra mandarin citrus rootstocks is linked to water use. **Journal of Experimental Botany**, v.54, n.383, p.825-833, 2003.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell and Environment**, v. 25, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Reviews Plant Biology**. v. 59, p. 651 – 681. 2008.

NAVARRO, L. Necesidades y problemática de la mejora sanitaria y genética de los cítricos en España. **Phytoma**, Valencia, n. 170, p. 2-5, 2005.

NETONO, G. W.; ONYANGO, J. C.; BECK, E. Sorghum and salinity: II. gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. **Crop Science**, v. 44, p. 806-811, 2004. 60. OPENSHAW, K.

NEVES, M. F. et al. **O Retrato da Citricultura Brasileira**. São Paulo: Maskestrat, 2010.

NEVES, M. F.; Trombin, V. G.; Milan, P.; Lopes, F. F.; Cressoni, F.; Kalaki, R. **O retrato da citricultura brasileira**, São Paulo: Citrus BR, 2011. 138p.

## Capítulo II – Revisão de literatura

---

NIU, X.; BRESSAN, R. A.; HASEGAWA, P. M.; PARDO, J. M. Ion homeostasis in NaCl stress environments. **Plant Physiology**, Lancaster, v.109, n.2, p.735-742, 1995.

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: SIMPÓSIO “MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA”, 1997, Campina Grande, PB. **Anais...**, Campina Grande: UFPB, p. 3-35, 1997.

OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.S.; MACHADO, M.A. Variabilidade do vigor e do pegamento de enxertia de híbridos de tangerina ‘Cravo’ com laranja ‘Pêra’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 134-137, 2001a.

OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B. **Normas e padrões para produção de mudas certificadas de citros em parceria com a Embrapa**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2003. 18 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 114).

PANG, C. A.; WANG, B. Oxidative Stress and Salt Tolerance in Plants. **Progress in Botany**. vol. 69, p. 231-246, 2008.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.60, n.3, p.324-349. 2005.

PASSOS, O.S.; SOUSA, C.A.F.; SOARES FILHO, W.S.; PEIXOUTO, L.S. Alternativas de porta-enxertos de citros no Nordeste do Brasil. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005. 6 p. (Folder Técnico).

PIO, R. M.; de FIGUEREDO, J. D.; STUCHI, E. S. ; CARDOSO, S.A. de B. Variedades copas. In: de MATOS JÚNIOR, DIRCEU. ; de NEGRI, J. D. ; PIO, R. M. ; POMPEU JÚNIOR, J. (Ed.). Citros. Campinas: IAC/ FUNDAG, 2005. v. 1. 929 p.

PIZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos. Madrid: Agrícola Española, 1978. 521 p.

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. 1 ed. Cordeiropolis, SP: Centro APTA Citros Sylvio Moreira, 2005, v. 1, p. 63-104.

## Capítulo II – Revisão de literatura

---

POMPEU JR. J, J. Porta enxertos. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JÚNIOR., J.; AMARO, A.A. (Ed.). **Citricultura brasileira**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v. 1, p. 265-280.

PLATT, R.G.; OPITZ, K.W. The propagation of citrus. In: REUTHER, W. (Ed.) **The citrus industry**. Berkeley: University of California, 1973. v. 3, p.1-47.

REDDY, A. R.; CHAITANYA, K. V.; VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 161, p. 1189-1202, 2004.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

RICHARDS, L.A. **Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos**. Dauea. México. Editorial limusa 1974, 172 p.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, Q.M. The use of saline waters for crop production. Rome: FAO, 1992. 133p. (Irrigation and Drainage Paper, 48). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/t0667e/t0667e00.htm>>. acesso em: 05 ago. 2011.

RHOADES, J.D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWART, D. R.; NIELSEN, D. R. (ed.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1990. p.1089-1142. (Agronomy, 30).

ROLLETSCHEK, H.; HARTZENDORF, T. Effects of salinity and convective rhizome ventilation on amino acid and carbohydrate patterns of phragmites australis populations in the neusiedler see region of austria and hungary. **ew Phytologist.**, v. 146, p. 95-105, 2000.

RUIZ, H.A.; SAMPAIO, R.A.; OLIVEIRA, M.; FERREIRA, P. A. Características físicas de solos salino-sódicos submetidos a parcelamento da lâmina de lixiviação. **Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal**, v. 6, n.3, p. 1-12, 2006.

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. **Journal. Nutr.**, v. 130, p. 2073-2084, 2000.

## Capítulo II – Revisão de literatura

---

SCHAFER, G.; BASTIANEL, M.; DORNELLES, A.L.C. Porta-enxertos utilizados na citricultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 723-733, 2001.

SOARES FILHO, W.S. Programa de melhoramento genético de citros da Embrapa-Mandioca e Fruticultura: obtenção de híbridos. In: SEM. INT. CITROS: melhoramento, 7., 2002, Bebedouro. **Anais...** Bebedouro: [s.n.], 2002a. p. 96-108.

SOARES, T.M.; DUARTE, C.C.D.; ZANETTI, M.; ZOCCHI, S.S. **Irrigação de porta-enxertos cítricos com águas salinas**. Irriga, v. 11, n. 3, p. 428-440, 2006.

SOHAN, D.; JASONI, R.; ZAJICEK, J. Plant-water relations of NaCl and calcium-treated sunflower plants. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v.42, n.1, p.105-111, 1999.

SOOST, R. K.; ROOSE, M. L. Citrus. In: JANICK, J.; MOORE, J. N. (Ed.). **Fruit breeding: tree and tropical fruits**. New York, 1996. v.1, cap.6, p.257-323.

SOUZA, E.L.S.; PORTO, O.M.; RECK, S.R.; BRAUN, J. Comportamento do tangor 'Murcote' em 12 porta-enxertos no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 3, p. 105-112, 1992.

STOREY, R. Salt tolerance, ion relations and the effect of root medium on the response of citrus to salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 22, n.1, p. 101-114, 1995.

SWINGLE, W. T.; REECE, P.C. The botany of *Citrus* and its wild relatives. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L.D.; WEBBER, H.J. (Ed.). **The Citrus Industry**. Berkeley: University of California, 1967. p. 190-430.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, 2004. 719p.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, n.5, p.503-527, 2003.

TOZLU, I.; MOORE, G. A.; GUY, C.L. Regulation of growth and differential tissue dry mass accumulation by *Citrus grandis*, *Poncirus trifoliata* and their F1 under salinized and non-salinized environments. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.27, n.1, p.27-33, 2000.

## Capítulo II – Revisão de literatura

---

YAMAGUCHI, T.; BLUMWALD, E. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. **Trends in Plant Science**, Killington, v.10, n.12, p.615-620, 2005.

UNGAR, I. A. (1991). **Ecophysiology of vascular halophytes**. CRC Press, Boca Rator, Flórida.

WALKER, R.R.; BLACKMORG, D.H.; QING, S. Carbon dioxide assimilation and foliar ion concentrations in leaves of lemon (*Citrus limón* L.) trees irrigated with NaCl or Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n.1, p.85-173, 1993.

WILLADINO, L. ; CÂMARA, T. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: REIGOSA, M. J.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ, A. **La Ecofisiología Vegetal**, Una ciência de síntesis. Madri, Espanha. Editora Thomsom, p.303-392, 2004.

WILSON, C.; LIU, S.; LES CH, S. M.; SUAREZ, D. L. Growth response of major USA cowpea cultivars II. **Effect of salinity on leaf gas exchange**. **Plant Science**, v.170, n.6, p.1095-1101. 2006b.

YEO, A. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.49, n.9, p.915-929, 1998.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**, Oxford, v.53, n.1, p.247-273, 2002.

ZIDAN, I.; AZAIZEH, H.; NEWMANN, P. M. Does salinity reduce growth in maize root epidermal cells by inhibiting their capacity for cell wall acidification. **Plant Physiology**, Lancaster, v.93, n.1, p.7-11, 1990.

**RESUMO**

Diversos autores têm estudado o comportamento de espécies cítricas em condições de salinidade ressaltando a sensibilidade da cultura e a necessidade de obtenção de materiais genéticos, notadamente porta-enxertos potencialmente adaptados à produção sob essas condições. Assim, objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar a sensibilidade ou tolerância ao estresse salino durante a fase de crescimento de porta-enxertos de variedades e híbridos de citros. A pesquisa foi conduzida na UFCG, em Campina Grande, PB, de março a dezembro de 2009; em ambiente protegido (viveiro de mudas). Os fatores estudados foram 11 genótipos e 2 níveis de salinidade, distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, com 3 repetições, sendo os níveis realizados em dois períodos: P. I - de 60 aos 135 dias após a semeadura (DAS), descritos como : NS<sub>1</sub> ( I ) - CE = 0,5 dS m<sup>-1</sup> (Controle); NS<sub>2</sub> ( I ) - CE = 2,4 dSm<sup>-1</sup> e P. II - de 136 aos 210 ( DAS), sendo: NS<sub>1</sub> ( II ) - CE = 0,5 dS m<sup>-1</sup> (Controle); NS<sub>2</sub> ( II ) - CE = 4,0 dSm<sup>-1</sup> e os genótipos de porta-enxertos de citros LCSTC (G5); TSKC x TRENG 256 (G6); TSKC x (TR x LCR) 059 (G9); TSKFL x CTTR 013 (G13); TSKC x TRENG 264 (G16); TSKC x CTTR 025 (G17); LVK 10 (G25); TSKFL x CTTR 017 (G12); CTSW (G18); TSKFL x LRM 017 (G22) e LVK x LCR (G15); a parcela com 15 plantas úteis de cada genótipo, nas unidades experimentais. Concluiu-se, então, que o estresse salino reduziu o crescimento das plantas notadamente na altura e no número de folhas, e em menor nível no diâmetro do caule; os genótipos de porta-enxertos TSKC x TRENG 256 (G6), CTSW (G18) e TSKFL x CTTR – 013 (G13) são mais sensíveis ao estresse salino e os genótipos de porta-enxertos TSKFL x CTTR – 017 (G12), TSKFL x LRM – 017 (G22) e TSKC x CTTR – 025 (G17) mostraram-se mais tolerantes à salinidade, considerando-se as principais variáveis de crescimento estudadas (altura, número de folhas e diâmetro do caule) e as taxas de crescimento correspondente a essas variáveis e ainda genótipos de porta-enxertos LCSTC (G5) e LVK x LCR (G15), não sobreviveram ao estresse salino na condutividade elétrica de 4,0 dS m<sup>-1</sup>.

**Palavras chaves:** *Citrus* spp, estresse salino, crescimento

CITRUS GENOTYPE OF ROOTSTOCKS GROWTH IN TERMS OF SALINE STRESS

ABSTRACT

Several authors have studied the behavior of citrus species under conditions of salinity highlighting the sensitivity of culture and the need to obtain genetic materials, especially rootstock potentially suited to production under these conditions. Thus, the objective of this research is to evaluate the sensitivity or tolerance to saline stress during the growth phase of rootstocks of varieties and hybrids of citrus. The research was conducted at UFCG in Campina Grande, PB, from March to December 2009, in a protected environment (vivarium). The factors studied were 11 genotypes and 2 salinity levels, distributed in a randomized experimental block, with three repetitions, with the levels performed in two periods: P. I - from 60 to 135 days after seeding (DAS), described as: NS<sub>1</sub> ( I ) - CE = 0.5 dS m<sup>-1</sup> (Control); NS<sub>2</sub> ( I ) - CE = 2.4 dSm<sup>-1</sup> and P. II - from 136 to 210 ( DAS), being that: NS<sub>1</sub> ( II ) - CE = 0.5 dS m<sup>-1</sup> (Control); NS<sub>2</sub> ( II ) - CE = 4.0 dSm<sup>-1</sup> and the genotype of rootstocks (LCSTC (G5); TSKC x TRENG 256 (G6); TSKC x (TR x LCR) -059 (G9); TSKFL x CTTR - 013 (G13); TSKC x TRENG - 264(G16); TSKC x CTTR - 025 (G17); LVK - 10 (G25); TSKFL x CTTR - 017 (G12); CTSW (G18); TSKFL x LRM - 017 (G22) and LVK x LCR ( G15); the portion with 15 useful plants of each genotype, on the experimental units. It is concluded that saline stress reduced plant growth especially in the height and number of leaves, and to a lesser level in stem diameter; the genotypes of rootstock TSKC x TRENG 256 (G6), CTSW (G18) and TSKFL x CTTR - 013 (G13) are more sensitive to saline stress and the genotype of rootstocks TSKFL x CTTR - 017 (G12), TSKFL x LRM - 017 (G22) and TSKC x CTTR - 025 (G17) were more tolerant to salinity, considering the main growth variables studied (height, number of leaves, stem diameter and growth rates corresponding to these variables) and still genotypes of rootstock LCSTC (G5) and LVK x LCR (G15) did not survive the saline stress on the electrical conductivity of 4.0 dS m<sup>-1</sup>.

**Keywords:** *Citrus* spp, saline stress, growth

## 1. INTRODUÇÃO

A diminuição na disponibilidade de água de boa qualidade para irrigação se deve à distribuição para outros setores (urbano e indústria), especialmente em regiões áridas e semiáridas, como a região do Nordeste. O uso de água baixa qualidade causa aumento na salinidade do solo, que pode ter efeitos negativos no crescimento e no rendimento da cultura (FAO, 1990).

No Nordeste do Brasil a salinidade das áreas irrigadas é notória em praticamente todos os grandes perímetros irrigados. Normalmente, a salinidade em áreas irrigadas é consequência de uma drenagem pobre do solo, aplicação ineficiente de água e o uso de água salina, associado ao manejo do sistema solo-água-plantas (MEDEIROS et al., 1993).

Solos afetados por sais são definidos como aqueles que têm sido adversamente modificados para o crescimento da maioria das plantas pela presença, na zona radicular, de sais solúveis ( $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e, as vezes, de  $\text{K}^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{NO}_3^-$ ) sódio trocável, ou ambos (SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 1997). A salinidade reduz o crescimento das plantas em razão do acúmulo de quantidade tóxica de vários íons e em virtude do aumento da tensão osmótica da solução, que restringe a absorção de água pelas plantas (MUNNS, 1993; SAQIB et al., 2004; RIBEIRO et al., 2009). A toxicidade de  $\text{Na}^+$  é o efeito mais notável da salinidade no crescimento das plantas. Com o aumento nos teores de  $\text{Na}^+$  e de  $\text{Cl}^-$  ocorre diminuição dos teores de  $\text{K}^+$  e de  $\text{Ca}^+$  na planta (MANSOUR et al., 2005; KUMAR et al., 2008). Com a acumulação de altos teores de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  a absorção de cátions e ânions diminui ocasionando desequilíbrios nutricionais na planta e diminuindo seu rendimento agrônomico (KUMAR et al., 2008). Portanto, é altamente interessante a seleção de plantas tolerantes à salinidade, que excluem o  $\text{Na}^+$  no processo de absorção e tentam manter elevada a concentração de K na parte aérea (DAVENPORT et al., 2005; SAQIB et al., 2004, 2005).

Durante o estresse salino todos os principais processos da planta, como a fotossíntese, síntese de proteína e metabolismo lipídico, são afetados e as primeiras respostas é a redução da taxa de expansão da superfície foliar, seguida de uma cessação de expansão quando o estresse intensifica (PARIDA & DAS, 2005). A área foliar e a taxa de crescimento das plantas também são afetadas porque a salinidade também

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

---

aumenta a energia para a absorção de água pelas raízes e para os ajustes bioquímicos necessários para sobreviver sob estresse, desviando tal energia do crescimento e dos processos produtivos (RHOADES et al., 1992). O incremento da salinidade é acompanhado de reduções significativas em peso da parte aérea, altura da planta, número de folhas por plantas, comprimento de raízes e área superficial por planta (MOHAMMAD et al., 1998).

A redução no crescimento em resposta ao aumento da salinidade do meio de cultivo pode ser atribuída a um efeito direto dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  sobre os processos fisiológicos importantes da planta (efeito tóxico), e a um efeito indireto devido à redução do potencial osmótico da solução de crescimento, a qual pode induzir condições de estresse hídrico. Esta redução no potencial hídrico provocada pelo estresse salino, é observada em diversos trabalhos, como em trabalho verificado por Gondim et al. (2002), dificultando a absorção de água pelas raízes das plantas de banana. Como a água é um dos fatores essenciais para a expansão celular, sua limitação implica em menor crescimento de células e tecidos, também menor incremento em altura da planta, número de folhas e área foliar da bananeira (CARMO et al., 2003) e, conseqüentemente, em menor crescimento da planta.

As espécies cítricas são sensíveis ao aumento na concentração de sais e sofrem reduções no crescimento e na produção de frutas quando a Condutividade Elétrica (CE) ultrapassa  $1,4 \text{ dS m}^{-1}$  (Mass & Hoffman, 1977; Bernstein, 1980; Walker & Douglas, 1983; Mass, 1993), citados por (MEDINA et al., 2005). Os citros também podem acumular cloro (Cl) e/ou sódio (Na), atingindo concentrações tóxicas nos tecidos (BERNSTEIN, 1980).

Cruz et al. (2003) têm estudado espécies cítricas em condições de salinidade ressaltando a sensibilidade da cultura e a necessidade de obtenção de materiais genéticos, notadamente porta-enxertos potencialmente adaptados à produção sob essas condições.

Objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar a sensibilidade ou tolerância durante a fase de crescimento de porta-enxertos de genótipos (variedades e híbridos) de citros.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

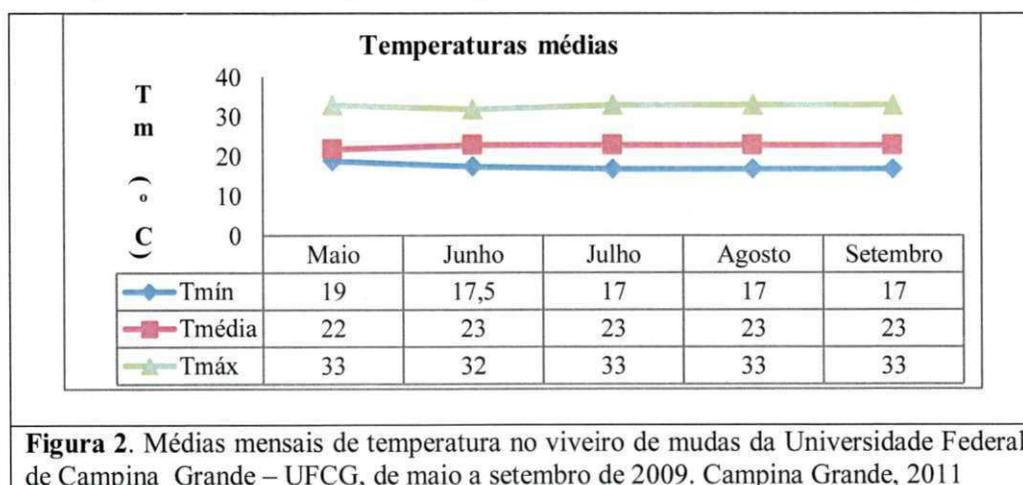
A pesquisa foi realizada no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN da UFCG, localizado no município de Campina Grande, Estado da Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 7 ° 15 ' 18 " de latitude S e 35 ° 52 ' 28 " de longitude W, a uma altitude de 550 m, no período de março a dezembro de 2009.

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (viveiro de mudas) com cobertura plástica de filme de polietileno transparente com 150 micra de espessura, tratados contra raios ultravioletas (Figura 1).



**Figura 1.** Visão geral do experimento de citros no viveiro de mudas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande, 2011

Monitorou-se diariamente, no horário da irrigação (entre 08h e 09h da manhã), a temperatura no viveiro, através de um termômetro analógico afixado no local, obtendo-se as temperaturas médias no período experimental conforme mostrado na figura 2.



### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

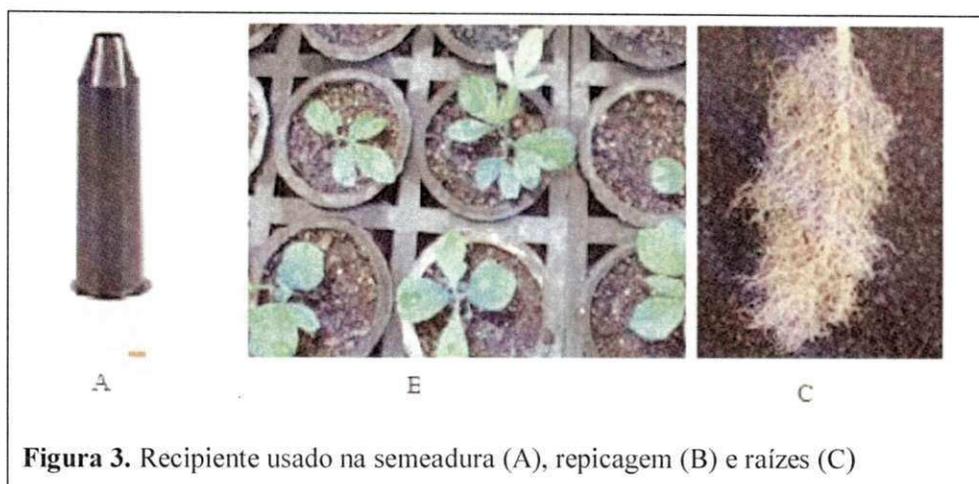
---

Os tratamentos da pesquisa para formação de porta-enxertos foram os dois fatores: 11 genótipos (GEN) e 3 níveis de salinidade (NS), distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados, com 3 repetições; sendo que os genótipos foram submetidos a dois níveis de salinidade de cada período de crescimento ou tratamento de estresse salino, totalizando-se 3 níveis de salinidade ao final do experimento; sendo o período I - de 60 a 135 dias após a semeadura (DAS) e os níveis de salinidade NS<sub>C</sub> - Água de abastecimento, com condutividade elétrica, CE = 0,5 dS m<sup>-1</sup> (controle); NS<sub>1</sub> - Água de irrigação com condutividade elétrica, CE = 2,4 dSm<sup>-1</sup> e o período II - de 136 aos 210 dias após semeadura (DAS), os níveis de salinidade de NS<sub>C</sub> - Água de abastecimento, com CE = 0,5 dS m<sup>-1</sup> (Controle) e NS<sub>2</sub> - Água de irrigação com CE = 4,0 dSm<sup>-1</sup>. A parcela experimental constou de 15 plantas úteis de cada genótipo, nas unidades experimentais. Os fatores genótipos de porta-enxertos de citros (variedades e híbridos) e os níveis de salinidade são descritos no Croqui do experimento (Apêndice A).

As águas de irrigação foram preparadas obtendo-se uma proporção equivalente de 7:2:1 respectivamente entre Na:Ca:Mg, a partir dos sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, relação esta predominante em fontes de água utilizada para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste (LEPRUN, 1983; MEDEIROS, 1992). Após a preparação, as águas foram armazenadas em recipientes plásticos de 50 L, um para cada nível de CE estudado, devidamente protegidos. Para o preparo das águas com as devidas condutividades elétricas (CE), os sais foram pesados conforme tratamento, adicionando-se águas, até ser atingido o nível desejado de CE, conferindo-se os valores com um condutivímetro portátil.

As sementes foram fornecidas pelo programa de pesquisa de Citricultura da EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura Tropical, em Cruz das Almas. A semeadura foi realizada em tubetes com capacidade volumétrica de 288 mL, utilizando-se 3 sementes por tubetes que, após emergência, foram eliminadas as plântulas poliembriônicas; realizou-se, também, a repicagem, deixando-se sempre uma plântula por tubete (Figura 3).

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino



**Figura 3.** Recipiente usado na sementeira (A), repicagem (B) e raízes (C)

Os tubetes foram preenchidos com substrato composto de 1 parte de solo de textura média + 1 parte de substrato comercial, à base de casca de pinus e vermiculita, conforme características químicas descritas na Tabela 1, cuja análise química foi realizada pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do DEAG da UFCG.

**Tabela 1.** Características químicas do substrato utilizado na produção de porta-enxertos de genótipos cítricos. Campina Grande, PB, 2011

H+ Al	Ca	Mg	K	Na	T	V
2,11	-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----				-----%-----	
	4,14	2,63	0,14	2,56	11,58	81,7
pH	CEs	C. Ca. Q.	C.O.	M.O.	N	F.A.
(H <sub>2</sub> O)	(dS m <sup>-1</sup> )		-----%-----			mg 100 g <sup>-1</sup>
6,84	1,55	Ausente	0,64	1,10	0,06	4,86

Determinações realizadas segundo metodologia da EMBRAPA (2007) e Richard (1954)

Na fase de emergência e crescimento inicial das plantas, ou seja, até 60 dias após a sementeira (DAS), a irrigação foi realizada com regador manual utilizando-se água de abastecimento duas vezes ao dia para manter a umidade do substrato próxima à capacidade de campo, ficando em torno de 20 mL por tubete para cada evento de irrigação. Para se estimar o teor de água correspondente ao da umidade em capacidade de campo no substrato, foram amostrados, aleatoriamente, cinco tubetes contendo substrato, obtendo-se o peso do conjunto tubetes + substrato seco, após secagem ao ar livre; em seguida, eles foram colocados em recipiente com água para saturação, aguardando-se o tempo necessário para a água subir até a superfície do substrato por ascensão capilar; neste momento, foram retirados e, após o escoamento e drenagem natural, quantificou-se o peso do conjunto tubetes + substrato úmido. Pela diferença

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

---

entre as duas pesagens obteve-se, o conteúdo hídrico retido pelo substrato, correspondente ao da capacidade de campo utilizado no manejo das irrigações (SOUZA et al., 2000).

Após 60 dias da semeadura (DAS), o manejo da irrigação foi monitorado diariamente sendo que, para os tratamentos controle, sem estresse salino, os genótipos foram irrigados com volume obtido, conforme descrito por Souza et al. (2000). Nos tratamentos com estresse salino, foi pesada diariamente uma planta de cada fileira de genótipos obtendo-se, em média, o volume em gramas; quando a diferença entre essas médias ultrapassava 10 mL, procedia-se a irrigação; a densidade da água considerada foi 1 g cm<sup>-3</sup>.

Realizaram-se adubações de cobertura com nitrogênio, fósforo e potássio, aplicando-se 10 mL por planta da solução (10 g de MAP + 5 g de Nitrato de Potássio) e de micronutrientes, adubação foliar de 1 g de Albatroz por litro de água, segundo a recomendação de adubação em citros sob telado (MAGALHÃES, 2011). Os tratamentos culturais foram repicagem de plântulas, escarificação do substrato, eliminação de brotações laterais e de plantas poliembrionicas.

#### Variáveis analisadas:

- ✓ **Crescimento das plantas:** Realizada através de análises não destrutivas a partir dos 75 dias após a semeadura (DAS) a cada 15 dias do início dos tratamentos, foram avaliadas as seguintes variáveis:

**a) Número de folhas (NF):** Contagem de folhas totalmente expandidas.

**b) Altura de Plantas (AP):** A medida da altura das plantas teve como referência desde o colo da planta à inserção da última folha formada.

**c) Diâmetro do Caule (DC):** Foi medido usando-se um paquímetro digital na altura aproximada de 2 cm do solo, entre a superfície do substrato e o primeiro par de folhas.

**d) Taxas de crescimento relativo (TCR):** Com os dados de altura de plantas, número de folhas e diâmetro do caule obtidos quinzenalmente, foram obtidas as taxas de crescimento relativo (TCR) conforme equação (FERNANDES, 2002; BENINCASA, 2003).

$$TCR = \ln M2 - \ln M1 (T2 - T1)^{-1}$$

Em que:

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

---

M1 e M2 = Medição inicial e medição final entre duas avaliações sucessivas da altura, número de folhas e diâmetro do caule;

T2 – T1 = período entre duas avaliações sucessivas;

ln = Logaritmo neperiano.

#### e) Comprimento da raiz

Mediu-se também o comprimento da raiz principal de cada planta útil das parcelas, após as plantas terem sido cortadas rente à superfície do substrato e, em seguida, retiradas o excesso de solo por meio de lavagem em uma peneira. Tal procedimento foi feito na ocasião do encerramento do experimento, aos 210 dias após semeadura (DAS), ou individualmente, para os genótipos que tiveram o encerramento antecipado.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Crescimento das plantas

As variáveis de crescimento estudadas (altura de plantas, número de folhas e diâmetro do caule) foram avaliadas em dois períodos de crescimento, ou seja, período I (75, 90, 105, 120 e 135) dias após semeadura (DAS) sob níveis de salinidade de CE= 0,5 dS m<sup>-1</sup> e 2,4 dS m<sup>-1</sup> e o período II (150, 165, 180, 195 e 210) dias após a semeadura (DAS), sob níveis de salinidade de CE= 0,5 dSm<sup>-1</sup> e 4,0 dS m<sup>-1</sup>. O resumo da análise de variância correspondente aos Períodos I e II, é apresentado nas Tabelas 2 e 3.

Observou-se, na Tabela 2, diferença significativa para o fator genótipo (GEN) em todas as idades das plantas estudadas a nível de 1% de probabilidade e, quanto ao fator níveis de salinidade, houve influência significativa (p<0,05) para a altura de plantas e diâmetro do caule, em todos os períodos de crescimento (PI) enquanto para o número de folhas a influência foi significativa (p<0,05), aos 120 e aos 135 dias após semeadura (DAS).

Verificou-se não haver interação entre os dois fatores. Genótipos e Níveis de salinidade, sobre as variáveis estudadas, altura de altura de plantas, número de folhas e diâmetro do caule no período de crescimento I (Tabela 2). Resultados que apresentam semelhança quanto ao fator Genótipo e pequenas diferenças em relação aos níveis de

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

salinidade, tal como, também, na interação entre os dois fatores foi encontrado em pesquisa realizada por Brito (2007), sendo que nesse estudo foi utilizado genótipos diferentes e acrescidos outros níveis de salinidade.

**Tabela 2.** Resumo da análise de Variância da altura de plantas (ALT), número de folhas (NF) e diâmetro do caule, do primeiro período (PI) de avaliação dos genótipos de citros, sob dois níveis de salinidade. PI ( $NS_C = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$  e  $NS_I = 2,4 \text{ dS m}^{-1}$ ). Campina Grande, 2011

DAS	Quadrado médio				
	FV	GL	ALT	NF	DC
75	BLOCOS	2	14,364**	3,061**	0,234**
	GEN	10	8,511**	4,602**	0,236**
	NSAL	1	2,751*	0,523 <sup>ns</sup>	0,101**
	GEN x NSAL	10	0,141 <sup>ns</sup>	0,2628 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>
	ERRO	42	0,565	0,213	0,013
	CV (%)		12,74	6,43	6,80
	90	BLOCOS	2	12,821**	5,589**
GEN		10	15,473**	7,239**	0,372**
NSAL		1	5,327*	1,118 <sup>ns</sup>	0,125*
GEN x NSAL		10	0,436 <sup>ns</sup>	0,397 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>
ERRO		42	0,830	0,651	0,018
CV (%)			11,93	8,,91	6,60
105		BLOCOS	2	1,002**	0,660**
	GEN	10	11,002**	7,726**	0,4851**
	NSAL	1	8,034**	1,061 <sup>ns</sup>	0,1456**
	GEN x NSAL	10	0,676 <sup>ns</sup>	0,247 <sup>ns</sup>	0,026 <sup>ns</sup>
	ERRO	42	1,046	0,548	0,0218
	CV (%)		11,15	7,13	6,37
	120	BLOCOS	2	20,575**	2,671**
GEN		10	26,939**	19,481**	0,751**
NSAL		1	20,134**	7,667*	0,346**
GEN x NSAL		10	1,047 <sup>ns</sup>	1,181 <sup>ns</sup>	0,015 <sup>ns</sup>
ERRO		42	1,875	1,751	0,033
CV (%)			11,88	10,80	7,20
135		BLOCOS	2	53,878**	9,137**
	GEN	10	32,648**	20,720**	0,902**
	NSAL	1	60,071**	19,674**	0,613**
	GEN x NSAL	10	2,161 <sup>ns</sup>	0,592 <sup>ns</sup>	0,039 <sup>ns</sup>
	ERRO	42	3,258	0,915	0,037
	CV (%)		13,12	7,00	6,87

\* e \* significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns: não significativo. DAS: dias após semeadura. NSAL = Níveis de salinidade

**Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino**

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância da altura de plantas (ALT), número de folhas (NF) e diâmetro do caule (DC) no segundo período (PII) de avaliação de genótipos de citros, sob dois níveis de salinidade. PII (NS<sub>C</sub>= 0,5 dS m<sup>-1</sup> e NS<sub>2</sub>= 4,0 dS m<sup>-1</sup>). Campina Grande, 2011

DAS	Quadrado médio				
	FV	GL	ALT	NF	DC
150	BLOCOS	2	22,951**	5,023**	0,202**
	GEN	10	33,096**	26,836**	0,914**
	NSAL	1	139,164**	31,501**	1,274**
	GEN x NSAL	10	3,458 <sup>ns</sup>	0,882 <sup>ns</sup>	0,071 <sup>ns</sup>
	ERRO	42	1,993	0,827	0,046
	CV (%)		9,27	6,10	7,03
	165	BLOCOS	2	22,175**	1,472**
GEN		10	31,7981**	25,337**	9,018 <sup>ns</sup>
NSAL		1	290,754**	107,306**	12,758 <sup>ns</sup>
GEN x NSAL		10	6,649**	3,471*	5,817 <sup>ns</sup>
ERRO		42	1,957	1,559	5,849 <sup>ns</sup>
CV (%)			7,93	7,60	70,46
180		BLOCOS	2	25,567**	5,647**
	GEN	10	85,418**	44,319**	0,907**
	NSAL	1	385,625**	139,133**	3,304**
	GEN x NSAL	10	8,086**	3,808 <sup>ns</sup>	0,044 <sup>ns</sup>
	ERRO	42	2,004	1,948	0,049
	CV (%)		8,41	8,81	6,23
	195	BLOCOS	2	22,061**	2,961 <sup>ns</sup>
GEN		10	48,173**	54,787**	6,746 <sup>ns</sup>
NSAL		1	610,935**	332,786**	0,316 <sup>ns</sup>
GEN x NSAL		10	10,648**	3,552**	7,050 <sup>ns</sup>
ERRO		42	3,552	2,279	6,9106
CV (%)			8,38	8,13	64,09
210		BLOCOS	2	64,345**	28,924**
	GEN	10	515,169**	360,449**	13,639**
	NSAL	1	453,169**	348,019**	8,416**
	GEN x NSAL	10	29,692**	14,357**	0,312**
	ERRO	42	9,609	8,051	0,0802
	CV (%)		15,10	17,06	8,33

\*\* e \* significativo a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente; n.s.: não significativo. DAS: dias após semeadura. NSAL: níveis de salinidade

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

#### Altura de plantas

Observou-se diferença significativa na altura de plantas dos genótipos de citros de maneira isolada em todos os períodos de crescimento (75, 90, 105, 120 e 135) dias após semeadura (DAS), pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade (Tabela 4). Aos 75 DAS, os genótipos de porta-enxertos de citros formaram quatro grupos de genótipos, sendo os genótipos LCSTC (Limoeiro Cravo Santa Cruz) (G5); LVK (Limão Volkameriano) x LCR (Limoeiro Cravo) (G15) com maiores alturas e os genótipos G12, G13 e G25 com menores alturas; no entanto, aos 135 DAS formaram três grupos de genótipos, sendo TSKC x CTTR 025 (G17), TSKFL x LRM 017 (G22), LCSTC (Limoeiro Cravo Santa Cruz) (G5); LVK (Limão Volkameriano) x LCR (Limoeiro Cravo) (G15), CTSW (G18) e os trifoliatas TSKC x TRENG 256 (G6), TSKC x (TR x LCR)-059 (G9) e TSKC x TRENG 264 (G16) com maiores alturas e o genótipo TSKFL x CTTR 017 (G12) com menor altura (Tabela 4).

**Tabela 4.** Altura média de plantas dos genótipos de porta-enxertos de citros, aos (75, 90, 105, 120 e 135) dias após semeadura (DAS), Período I. Campina Grande, 2011

Genótipos	Altura média de plantas (cm)				
	75 DAS	90 DAS	105 DAS	120 DAS	135 DAS
G12	4,038d	4,974d	6,124d	6,562d	8,667c
G25	4,719d	5,583d	8,133c	9,942c	12,000b
G13	4,875d	6,260d	6,805d	9,690c	11,166b
G16	5,433c	7,263c	8,781c	11,607b	13,667a
G9	5,547c	7,684c	9,556b	12,723a	16,167a
G17	5,702c	7,297c	9,420b	13,066a	14,500a
G6	5,799c	7,627	8,607c	11,278b	16,333a
G22	6,566b	8,721b	10,604b	12,875a	15,333a
G15	6,833b	8,642b	10,277b	13,404a	15,000a
G5	7,392a	10,132a	11,805a	13,740a	15,167a
G18	7,983a	9,714a	10,793a	11,903b	13,833a

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre genótipos pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). **Genótipos:** 1-TSKFL x CTTR 017 (G12); 2- TSKFL x CTTR 013 (G13); 3- CTSW (G18); 4 - LVK 10 (G25); 5- LVK x LCR (G15); 6-TSKC x TRENG 256 (G6); 7- LCSTC ( G5); 8 - TSKC x

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

TRENG 264 (G16); 9 - TSKC x CTTR 025 (G17); 10- TSKFL x LRM 017 (G22); 11-TSKC x (TR x LCR)-059 (G9)

Verifica-se efeito significativo dos níveis de salinidade sobre a altura de plantas em todas as idades de crescimento estudadas, de maneira isolada (Tabela 5).

**Tabela 5.** Médias de altura de plantas dos genótipos de porta-enxertos de citros, para o fator nível de salinidade em diferentes épocas de crescimento dos períodos I e II. Campina Grande, 2011

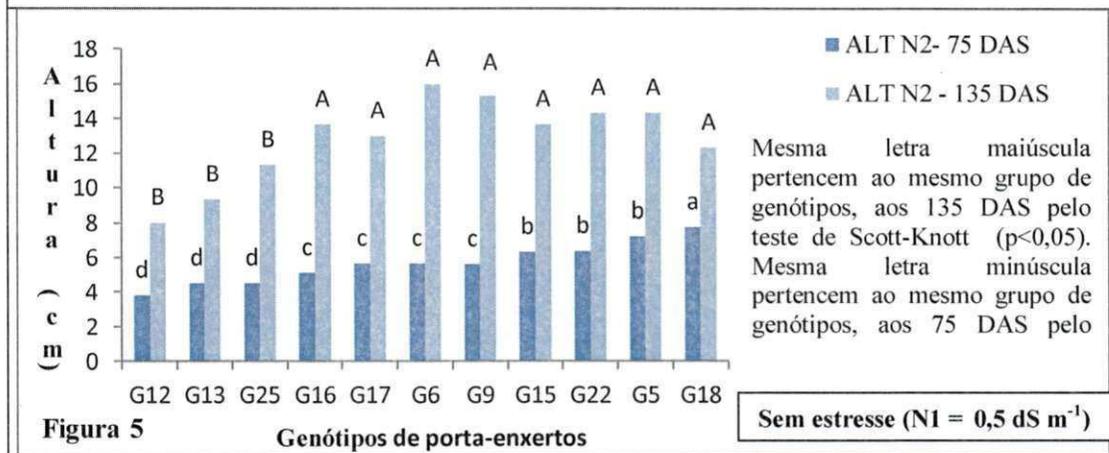
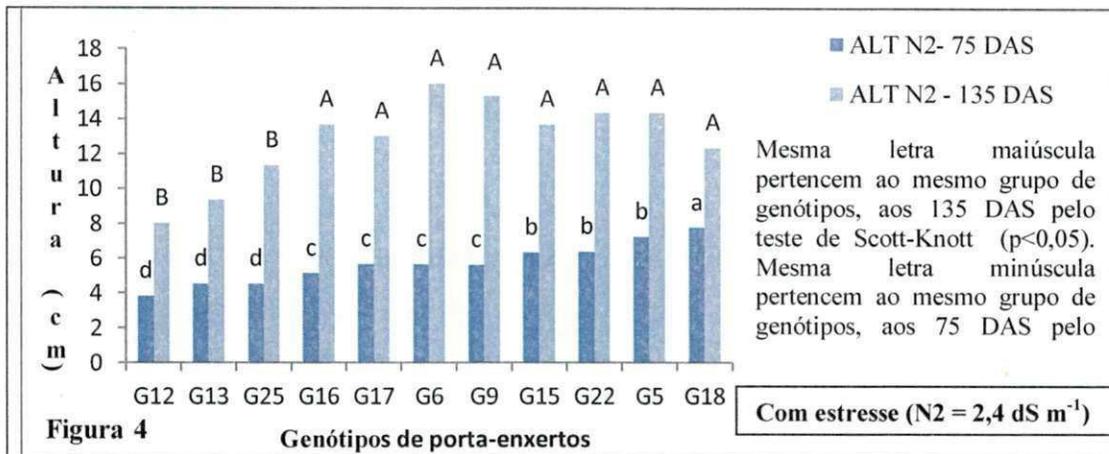
DAS (PI)	Altura (cm)		DAS (PII)	Altura (cm)	
	S.E. (0,5 dS m <sup>-1</sup> )	C.E. ( 2,4 dS m <sup>-1</sup> )		S. E. (0,5 dS m <sup>-1</sup> )	C. E. (4,0 dS m <sup>-1</sup> )
75	6,103 A	5,694 B	150	16,679 A	13,775 B
90	7,920 A	7,352 B	165	19,751 A	15,553 B
105	9,522 A	8,824 B	180	19,241 A	14,406 B
120	12,076 A	10,971 B	195	25,067 A	18,983 B
135	14,757 A	12,848 B	210	23,156 A	17,915 B

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na horizontal diferem entre os níveis de salinidade pelo teste de Scott- Knott ( $p < 0,05$ ). P (período).

Embora não tenha apresentado interação entre genótipos de porta-enxertos de citros e os níveis de salinidade, comparou-se o desdobramento de genótipos aos 75 e 135 dias após semeadura (DAS) sem e com estresse salino; assim, observou-se que o desdobramento de genótipos dentro de nível de salinidade (sem estresse salino) aos 135 dias após semeadura (DAS) formaram-se três grupos de genótipos e aos 75 DAS formaram-se dois grupos de genótipos; e o desdobramento de genótipos dentro de nível de salinidade (com estresse salino) aos 135 dias após semeadura (DAS) formaram-se dois grupos de genótipos e aos 75 DAS formaram-se quatro grupos de genótipos (Figura 4 e 5). Verificou-se portanto que os híbridos trifoliatas TSKC (Tangerina Sunki Comum) x TRENG (Ponfirus Trifoliata ‘English’) - 256 (G6) e TSKC (Tangerina Sunki Comum) x (TR x LCR) (Ponfirus Trifoliata x Limão Cravo)-059 (G9) apresentaram maior altura de plantas aos 135 DAS sem estresse mas o trifoliata TSKC (Tangerina Sunki Comum) x TRENG (Ponfirus Trifoliata English) – 264 (G16) não apresentou maior altura; no entanto aos 135 DAS com estresse salino ( $CEa = 2,4 \text{ dS m}^{-1}$ ), os trifoliatas TSKC (Tangerina Sunki Comum) x TRENG (Ponfirus Trifoliata ‘English’) - 256 (G6), TSKC (Tangerina Sunki Comum) x (TR x LCR) (Ponfirus Trifoliata x Limão

**Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino**

Cravo)–059(G9) e TSKC (Tangerina Sunki Comum) x TRENG (Ponfirus Trifoliata English) – 264 (G16) tiveram maior altura de plantas, não diferindo estatisticamente dos genótipos LCSTC (Limoeiro Cravo Santa Cruz) (G5), LVK (Limão Volkameriano) x LCR (Limoeiro Cravo) (G15), TSKC x CTTR 025(G17), CTSW (G18) e TSKFL x LRM 017 (G22), pelo teste de média Scott- Knott,  $p < 0,05$  (Figuras 4); Brito (2010), também encontrou, nos híbridos trifoliatas, menor sensibilidade ao estresse salino provavelmente por terem folíolos reduzidos.



1-TSKFL x CTTR 017 (G12); 2- TSKFL x CTTR 013 (G13); 3 - LVK 10 (G25); 4 – TSKC x TRENG 264 (G16); 5 – TSKC x CTTR 025(G17); 6-TSKC x TRENG 256 (G6); 7-TSKC x (TR x LCR)-059 (G9); 8- LVK x LCR (G15); 9- TSKFL x LRM 017 (G22); 10- LCSTC (G5); 11 – CTSW (G18)

**Figura 4 e 5.** Médias do desdobramento de genótipos de citros dentro de níveis de salinidade (sem e com estresse salino) aos 75 e 135 dias após sementeira (DAS) para a altura de planta. Campina Grande, 2011

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

Na interação entre o fator genótipo e os níveis de salinidade, observou-se interação significativa a partir dos 165 aos 210 dias após semeadura, do período II.

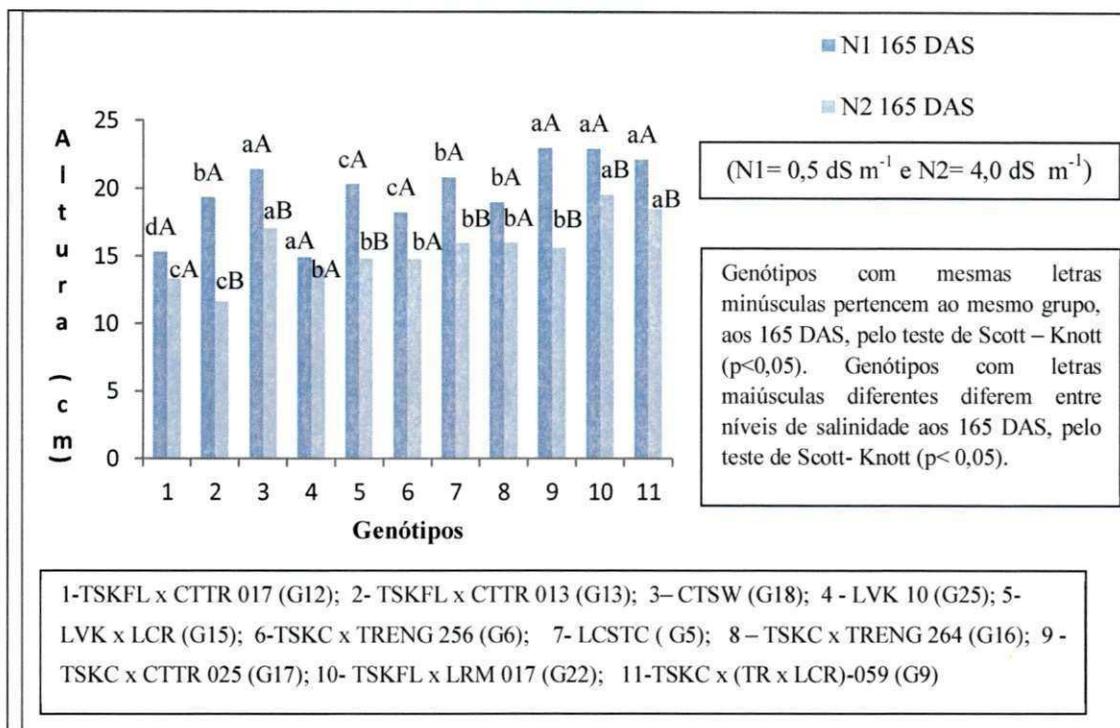
**Tabela 6.** Médias de desdobramento de genótipos dos porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados para a altura de plantas aos 165 e 210 dias após semeadura (DAS), Período II. Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	Altura (cm)			
	165 DAS		210 DAS	
	N1	N2	N1	N2
G12	15,309 dA	13,286 cA	20,857 bA	17,988 cA
G13	19,322 cA	11,591 cB	31,544 aA	21,666 aB
G18	21,405 aA	17,064 aB	25,543 bA	21,469aA
G25	14,871 dA	14,100 bA	22,583 bA	18,055 cA
G15	20,283 bA	14,777 bB	0,000 cA	0,000 dA
G6	18,244 cA	14,764 bA	26,944 bA	17,824 cB
G5	20,823 bA	15,922 bB	4,782 cA	6,433 dB
G16	18,966 bA	15,977 bA	27,844 aA	20,430 bB
G17	22,976 aA	15,582 bB	31,283 aA	24,083 aB
G22	22,916 aA	19,542 aB	31,458 aA	25,316 aB
G9	22,143 aA	18,479 aB	31,877aA	23,803 aB

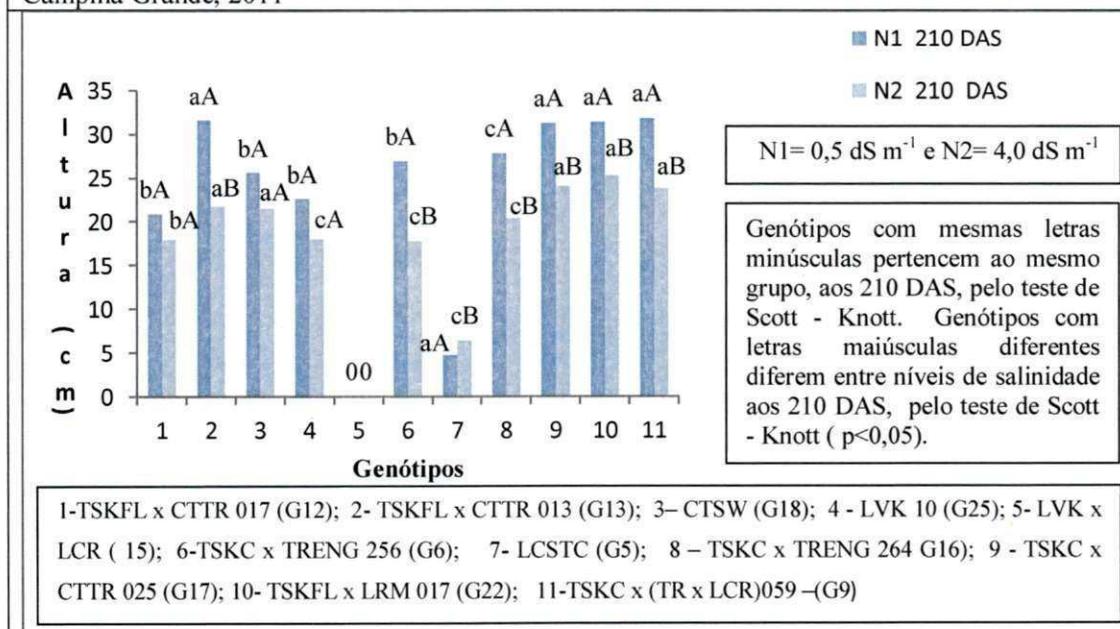
Mesma letra minúscula na vertical não diferem entre genótipos pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre níveis de salinidade pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). N1= 0,5 dS m<sup>-1</sup>; N2= 4,0 dS m<sup>-1</sup>. **Genótipos:** 1-TSKFL x CTTR 017 (G12); 2- TSKFL x CTTR 013 (G13); 3- CTSW (G18); 4 - LVK 10 (G25); 5- LVK x LCR (G15); 6-TSKC x TRENG 256 (G6); 7- LCSTC (G5); 8 - TSKC x TRENG 264 (G16); 9 - TSKC x CTTR 025 (G17); 10- TSKFL x LRM 017 (G22); 11-TSKC x (TR x LCR)-059 (G9)

Finalmente, em referência a altura de plantas como resultado da interação entre genótipos e níveis de salinidade, tem-se aos 210 dias após semeadura, período em que as plantas finaliza-se o período de irrigação com água salina, observa-se que os genótipos de porta-enxertos de citros mais sensíveis foram os LCSTC (Limoeiro Cravo Santa Cruz) (G5), LVK (Limão Volkameriano) x LCR (Limoeiro Cravo) (G15) e TSKC x TRENG 256 (G6), os quais, apresentaram menor altura e foram influenciados ao receberem água salina a 4,0 dS m<sup>-1</sup> e os tolerantes TSKFL x CTTR 017 (G12), CTSW (G18) e LVK 10 (G25) que não foram influenciados em aplicação contínua de água salina a 4,0 dS m<sup>-1</sup> em relação a 0,5 dS m<sup>-1</sup>, sugere-se então irrigar os genótipos tolerantes com esse nível de água salina (Tabela 6).

Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino



**Figura 6.** Médias do desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (N1 e N2) aos 165 dias após semeadura (DAS), para a altura de plantas. Campina Grande, 2011



**Figura 7.** Médias do desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (N1 e N2) aos 210 dias após semeadura (DAS), para a altura de plantas. Campina Grande, 2011

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

Dentro deste contexto Munns (1993); Saqib et al. (2004); Ribeiro et al. (2009), afirmam que a salinidade reduz o crescimento das plantas em razão do acúmulo de quantidades tóxicas de vários íons e em virtude do aumento da tensão osmótica da solução, que restringe a absorção de água pelas plantas. A toxicidade de  $\text{Na}^+$  é o efeito mais notável da salinidade no crescimento das plantas. Com o aumento nos teores de  $\text{Na}^+$  e de  $\text{Cl}^-$  ocorre diminuição dos teores de  $\text{K}^+$  e de  $\text{Ca}^+$  na planta (MANSOUR et al., 2005; KUMAR et al., 2008), justificando-se, assim, a diferença significativa dos genótipos na altura de plantas submetido ao estresse salino de  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ ; uma vez que Mass & Hoffman, (1977); Bernstein, (1980); Walker & Douglas, (1983); Mass, (1993), citados por (MEDINA et al, 2005), relatam que as espécies cítricas são sensíveis ao aumento na concentração de sais e sofrem reduções no crescimento e na produção de frutas quando a Condutividade Elétrica, CE ultrapassa  $1,4 \text{ dS m}^{-1}$ .

Observa-se também, em diversos trabalhos, que o estresse salino provoca redução no potencial hídrico, como verificado por Gondim et al. (2002), dificultando a absorção de água pelas raízes das plantas de banana. Como a água é um dos fatores essenciais para a expansão celular, sua limitação implica em menor crescimento de células e tecidos, também menor incremento em altura da planta, número de folhas e área foliar da bananeira (CARMO et al., 2003), como também em citros e, conseqüentemente, menor crescimento da planta como observado na Figura 8.



Figura 8. N1- Genótipos sem sintomas de estresse salino; N2- Genótipos com estresse salino

**Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino**

**Número de Folhas**

Observa-se que o número de folhas apresentou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), quando comparados entre níveis de salinidades, de maneira isolada, iniciando-se a partir dos 120 dias após sementeira (DAS) até os 210 DAS (Tabela 7). Com relação à diferença dos genótipos (Tabela 2), esta se justifica pela própria diferença na constituição genética dos genótipos estudados, e com referência aos níveis de salinidade, como o manejo da irrigação ocorre sempre próximo à capacidade de campo, pode ocorrer que os sais utilizados na água de irrigação, parte se evapora ou é consumido pela planta, outra se acumula no substrato, reduzindo a disponibilidade de água para as plantas, e conseqüentemente o crescimento da planta.

**Tabela 7.** Médias de folhas dos genótipos de porta-enxertos de citros, para o fator nível de salinidade em diferentes épocas de crescimento dos períodos I e II. Campina Grande, 2011

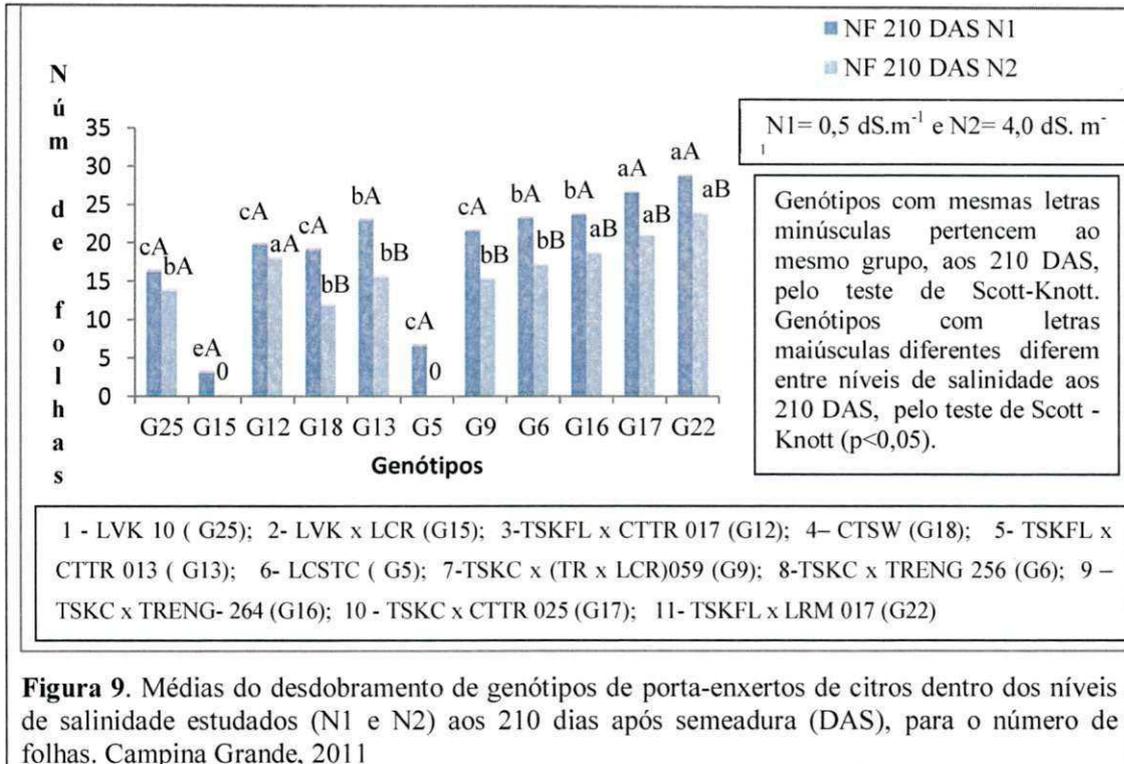
DAS (PI)	Número de folhas		DAS (PII)	Número de folhas	
	S.E.	C.E.		S.E.	C.E.
75	7,263 A	7,085 A	150	14,211 B	15,592 A
90	9,182 A	8,922 A	165	15,149 B	17,699 A
105	10,521 A	10,267 A	180	14,399 B	17,303 A
120	12,594 A	11,913 B	195	16,316 B	20,807 A
135	14,209 A	13,117 B	210	14,332 B	18,924 A

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na horizontal diferem entre os níveis de salinidade pelo teste de Scott- Knott ( $p < 0,05$ ). DAS: dias após sementeira. S.E.: sem estresse e C.E.: com estresse salino

Na interação entre o fator genótipo e os níveis de salinidade do período de crescimento I (60, 75, 90, 105, 120 dias após sementeira), não houve influência significativa entre os dois fatores no número de folhas (Tabela 2); no período de crescimento II, quando se elevou o nível de salinidade para  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ , o número de folhas somente recebeu influência significativa aos 165, 195 e aos 210 dias após sementeira (Tabela 3); aos 210 dias após sementeira (DAS) apresentaram maiores médias de número de folhas os genótipos TSKFL x LRM - 017 - (G22) ; TSKC x CTTR - 025 (G17), TSKC x TRENG - 264 - (G16) e SKFL x CTTR 017 (G12), no nível de  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 9), que apresentaram valores médios de 23,83; 20,83; 18,63 e 17,88 folhas, respectivamente, com reduções do número médio de folhas após estresse abaixo de 30%.

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

Os genótipos LCSC (G5), apresentaram maior sensibilidade ao estresse salino com menor número de folhas e os LVK x LCR (G15) não sobreviveram, ambos irrigados com água com  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ , aos 210 DAS, resultado idêntico ao apresentado na altura de plantas (Figura 9).



**Figura 9.** Médias do desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (N1 e N2) aos 210 dias após semeadura (DAS), para o número de folhas. Campina Grande, 2011

**Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino**

**Tabela 8.** Médias de desdobramento de genótipos dos porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados para o número de folhas, aos 165, 195 e 210 dias após semeadura (DAS), Período II. Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	Número de folhas (NF)					
	165 DAS		195 DAS		210 DAS	
	N1	N2	N1	N2	N1	N2
G12	13,333eA	13,119dA	19,381bA	17,333bA	19,714cA	17,881aA
G13	15,388dA	12,777dB	20,277bA	15,250cB	22,889aA	15,511bB
G18	14,952dA	12,857dB	19,000bA	12,947cB	19,047cA	11,762bB
G25	12,133eA	11,658dA	16,256cA	14,555cA	16,295A	13,722bA
G15	13,333eA	12,088dA	17,055cA	12,533cB	3,066 dA	0,0000cA
G6	16,311cA	15,355bA	21,073bA	17,049bB	23,177aA	17,106bB
G5	15,266dA	13,733cA	20,194bA	14,498cb	6,577cA	0,000cB
G16	16,311cA	15,688bB	22,111bA	17,955bB	23,658aA	18,624aB
G17	18,381bA	16,609bB	24,999aA	19,095bB	26,547aA	20,903aB
G22	20,000aA	18,000aA	27,166aA	23,166aB	28,750aA	23,833aB
G9	16,304cA	14,427cA	21,364bA	15,091cB	21,509cA	15,240bB

Mesma letra minúscula na vertical não diferem entre genótipos pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre níveis de salinidade pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). **Genótipos:** 1-TSKFL x CTTR 017 (G12); 2- TSKFL x CTTR013 (G13); 3- CTSW (G18); 4 - LVK 10 (G25); 5- LVK x LCR (G15); 6-TSKC x TRENG 256 (G6); 7- LCSTC (G5); 8 - TSKC x TRENG 264 (G16); 9 - TSKC x CTTR 025 (G17); 10- TSKFL x LRM 017 (G22); 11-TSKC x (TR x LCR)-059 (G9). N1= 0,5 dS m<sup>-1</sup>; N2= 4,0 dS m<sup>-1</sup>

Tendo em vista a sensibilidade ou a tolerância ao estresse salino dos genótipos de porta-enxertos de citros, em referência ao número de folhas, verifica-se na Tabela 8, que os genótipos TSKFL x CTTR 017 (G12) e LVK-10 (G25) apresentaram maior tolerância ao estresse salino, em aplicação contínua de água salina de 4,0 dS m<sup>-1</sup> em relação a 0,5 dS m<sup>-1</sup>, por não haver diferença significativa entre os dois níveis de salino; e os genótipos TSKFL x CTTR 013 (G13), CTSW (G18), TSKC x TRENG 256 (G6) e TSKC x TRENG 264 (G16) apresentaram maior sensibilidade em aplicação contínua de água salina de 4,0 dS m<sup>-1</sup> em relação a 0,5 dS m<sup>-1</sup>, pois apresentaram menores número de folhas e houve diferença significativa entre esses dois níveis de sais.

As plantas que crescem sob condições de estresse salino continuam transpirando, então, as diminuições na taxa de absorção de água seriam responsáveis pelo aparecimento de um déficit hídrico (Transpiração >> Absorção → Déficit hídrico). Na

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

realidade e segundo a teoria de Schimper, plantas cultivadas nessas condições, sofreriam déficit hídrico, ou seja, seca fisiológica; portanto, as reduções no crescimento deveriam ser proporcionais aos aumentos na concentração de sais da solução do solo (diminuição do potencial osmótico ( $\Psi_w$ ), e no potencial hídrico  $\Psi\pi$  ou seja, a diminuição do  $\Psi_w$  da solução do solo, resultante do decréscimo do potencial mátrico ( $\Psi\tau$ ) ou do  $\Psi\pi$ , deveria acarretar reduções equivalentes no crescimento (PRISCO & GOMES FILHO, 2010). Em outras palavras, a reação da planta à salinidade seria idêntica à da falta de água no solo e os efeitos do estresse salino nas plantas seriam os mesmos decorrentes do déficit hídrico. E os efeitos mais evidentes do estresse hídrico nas plantas consistem em decréscimo na formação da área foliar, fechamento dos estômatos, aceleração da senescência e abscisão das folhas (TAIZ & ZEIGER, 2009). Justificando-se, assim, a senescência e a abscisão das folhas ocorridas da variedade e não sobrevivência dos híbrido LCSC (G5) e LVK x LCR (G15), como também a diminuição do número de folhas, conforme resultados obtidos neste estudo (Tabela 8).

#### Diâmetro do caule

Verifica-se que o diâmetro do caule apresentou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), quando comparadas entre os genótipos (Tabelas 2 e 3) e entre os níveis de salinidade, em todos os períodos de crescimento estudados, exceto no período de 195 dias após semeadura, DAS (Tabela 9).

**Tabela 9.** Médias do diâmetro do caule dos genótipos de porta-enxertos de citros, para o fator nível de salinidade em diferentes épocas de crescimento dos períodos I e II. Campina Grande, 2011

DAS (PI)	Diâmetro do caule (mm)		DAS (PII)	Diâmetro do caule (mm)	
	S.E. (0,5 dS m <sup>-1</sup> )	C.E. (2,4 dS m <sup>-1</sup> )		S.E. (0,5 dS m <sup>-1</sup> )	C.E. (4,0 dS m <sup>-1</sup> )
75	1,747 A	1,669 B	150	2,868 A	3,146 B
90	2,065 A	1,977 B	165	2,993 A	3,872 A
105	2,272 A	2,366 B	180	3,348 A	3,796 B
120	2,613 A	2,4686 B	195	4,032 A	4,171 A
135	2,904 A	2,711 B	210	2,993 A	3,707 B

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na horizontal diferem entre os níveis de salinidade pelo teste de Scott- Knott ( $p < 0,05$ ). DAS: dias após semeadura

Na interação entre o fator genótipo e os níveis de salinidade do período de crescimento I (60, 75, 90, 105, 120 dias após semeadura), não houve influência

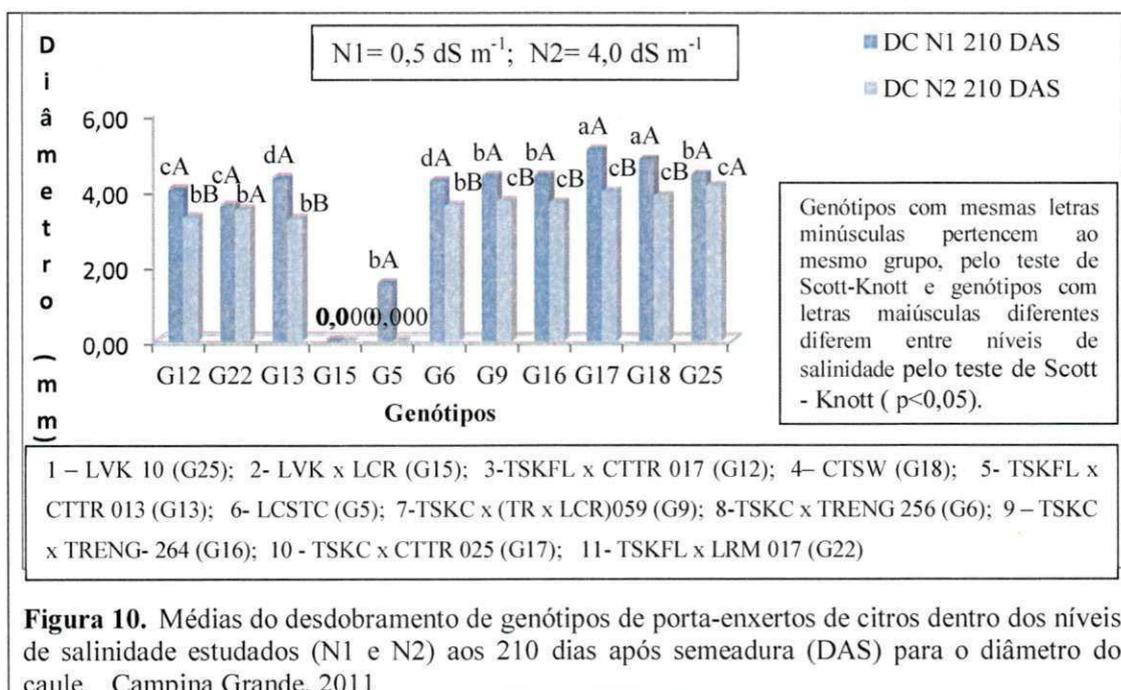
### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

significativa no diâmetro do caule entre os dois fatores estudados (Tabela 2); no período de crescimento II, quando se elevou o nível de salinidade para  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ , o diâmetro do caule apresentou apenas diferença significativa, aos 210 DAS (Tabela 3). Observou-se que os genótipos TSKC x (TR x LCR) – 059 (G9); TSKC x CTTR - 025 (G17); TSKC x TRENG - 264 (G16); CTSW (G18) e o LVK - 10 (G25) obteve maiores médias de diâmetro do caule, ou seja, 3,72; 3,96; 3,67; 3,86 e 4,13 mm, respectivamente, aos 210 DAS, com CEa de  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 9), sendo o diâmetro do caule, um dos fatores que podem indicar potencialidade para a produção de mudas cítricas, estes genótipos poderão ser recomendados com relação a formação do diâmetro.

Brito (2007) obteve, em pesquisa realizada com genótipos de citros, valores médios em torno de 3,12 a 3,33 mm de diâmetro do caule, em 5 genótipos, aos 150 dias após semeadura (DAS), utilizando água com  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ ; comparando esses dados com os obtidos nesta pesquisa no mesmo período de crescimento e na mesma condutividade elétrica, percebem-se dados bem aproximados em genótipos diferentes.

Os genótipos LCSTC (G5) e LVK x LCR (G15) não sobreviveram ao estresse salino, irrigados com água de  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ , aos 210 DAS, não sobrevivendo (Figura 10).

Para a formação de porta-enxertos, o diâmetro do caule é fator essencial pois, quanto mais cedo atingir um diâmetro ideal para compatibilidade com a variedade copa mais rápido se produzirá a muda, acelerando o processo de crescimento e a produção na cultura de citros.



**Figura 10.** Médias do desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (N1 e N2) aos 210 dias após semeadura (DAS) para o diâmetro do caule. Campina Grande, 2011

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

Tendo em vista a sensibilidade ou a tolerância ao estresse salino dos genótipos de porta-enxertos de citros, em referência ao diâmetro do caule, verifica-se que os genótipos TSKFL x LRM 017 (G22) e LVK 10 (G25) apresentaram maior tolerância ao estresse salino, em aplicação contínua de água salina de 4,0 dS m<sup>-1</sup> em relação a 0,5 dS m<sup>-1</sup>, por não haver diferença significativa entre os dois níveis de salino; os genótipos TSKC x TRENG 256 (G6), TSKFL x CTTR 013 (G13) e TSKFL x CTTR 017 (G12) foram os mais sensíveis em aplicação contínua de água salina de 4,0 dS m<sup>-1</sup> em relação a 0,5 dS m<sup>-1</sup>, pois apresentaram menores diâmetros deo caule e houve diferença entre os dois níveis de sais (Tabela 10).

**Tabela 10.** Médias de desdobramento de genótipos dos porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados para o diâmetro do caule, aos 210 dias após semeadura (DAS), Período II. Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	Diâmetro do caule (mm)	
	210 DAS	
	N1 (0,5 dS m <sup>-1</sup> )	N2 (4,0 dS m <sup>-1</sup> )
G12	4,000aA	3,270bB
G13	4,307bA	3,236bB
G18	4,816cA	3,864aB
G25	4,420bA	4,133aA
G15	00,000	00,000
G6	4,325bA	3,590bB
G5	01,520c	00,000
G16	4,380bA	3,677aB
G17	5,074aA	3,965aB
G22	3,571bA	3,481bA
G9	4,366bA	3,711aB

Mesma letra minúscula na vertical não diferem entre genótipos pelo teste de Scott-Knott (p<0,05). Mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre níveis de salinidade pelo teste de Scoo-Knott (p<0,05). **Genótipos:** 1-TSKFL x CTTR 017 (G12); 2- TSKFL x CTTR 013 (G13); 3- CTSW (G18); 4 - LVK 10 (G25); 5- LVK x LCR (G15); 6-TSKC x TRENG 256 (G6); 7- LCSTC ( G5); 8 – TSKC x TRENG 264 (G16); 9 - TSKC x CTTR 025 (G17); 10- TSKFL x LRM 017 (G22); 11-TSKC x (TR x LCR)-059 (G9)

#### Taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCRALT)

A Taxa de crescimento relativo (TCR) expressa o incremento na massa de matéria seca por unidade de peso inicial, em um intervalo de tempo (REIS & MULLER,

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

1979). Para valores médios, usa-se:  $TCR = (\ln W2 - \ln W1) / (T2 - T1) = g \text{ g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , em que ln é o logaritmo neperiano; W1 e W2 representam a massa da matéria seca nos tempos T1 e T2 ( inicial e final).

As curvas de taxa de crescimento absoluto (TCA) e a taxa de crescimento relativo (TCR) são distintas. Magalhães (1985) considera a taxa de crescimento relativo a medida mais apropriada para avaliação do crescimento vegetal, que é dependente da quantidade de material que está sendo acumulado. A TCR varia ao longo do ciclo vegetal pois depende de dois outros fatores do crescimento: da área foliar útil para a fotossíntese ou razão de área foliar (RAF) e da taxa fotossintética bruta, descontando a respiração (mais a fotorrespiração nas plantas C<sub>3</sub>) ou taxa assimilatória líquida (TAL). Portanto, a taxa de crescimento relativo poderá ser obtida utilizando-se as equações:  $TCR = TAL \times RAF$  ou  $TCR = \ln W2 - \ln W1 / T2 - T1$ .

Segundo Benincasa (2004) todo crescimento resultará da produção de material suficiente para atender às necessidades metabólicas do material já existente e, ainda, para armazenar ou construir novo material estrutural uma vez que, conceitualmente, a análise de crescimento estabelece que a taxa de crescimento de uma planta é função do tamanho inicial (período em que se inicia a observação).

**Tabela 11.** Resumo da análise de variância para as taxas de crescimento relativo em altura de plantas (TCRALT) em genótipos de porta-enxertos de citros (GEN), sob níveis salino (SE: sem estresse salino e CE: com estresse salino), nos dois períodos de crescimento (PI: 75 - 135 DAS e PII: 150 - 210 DAS). Campina Grande, 2011

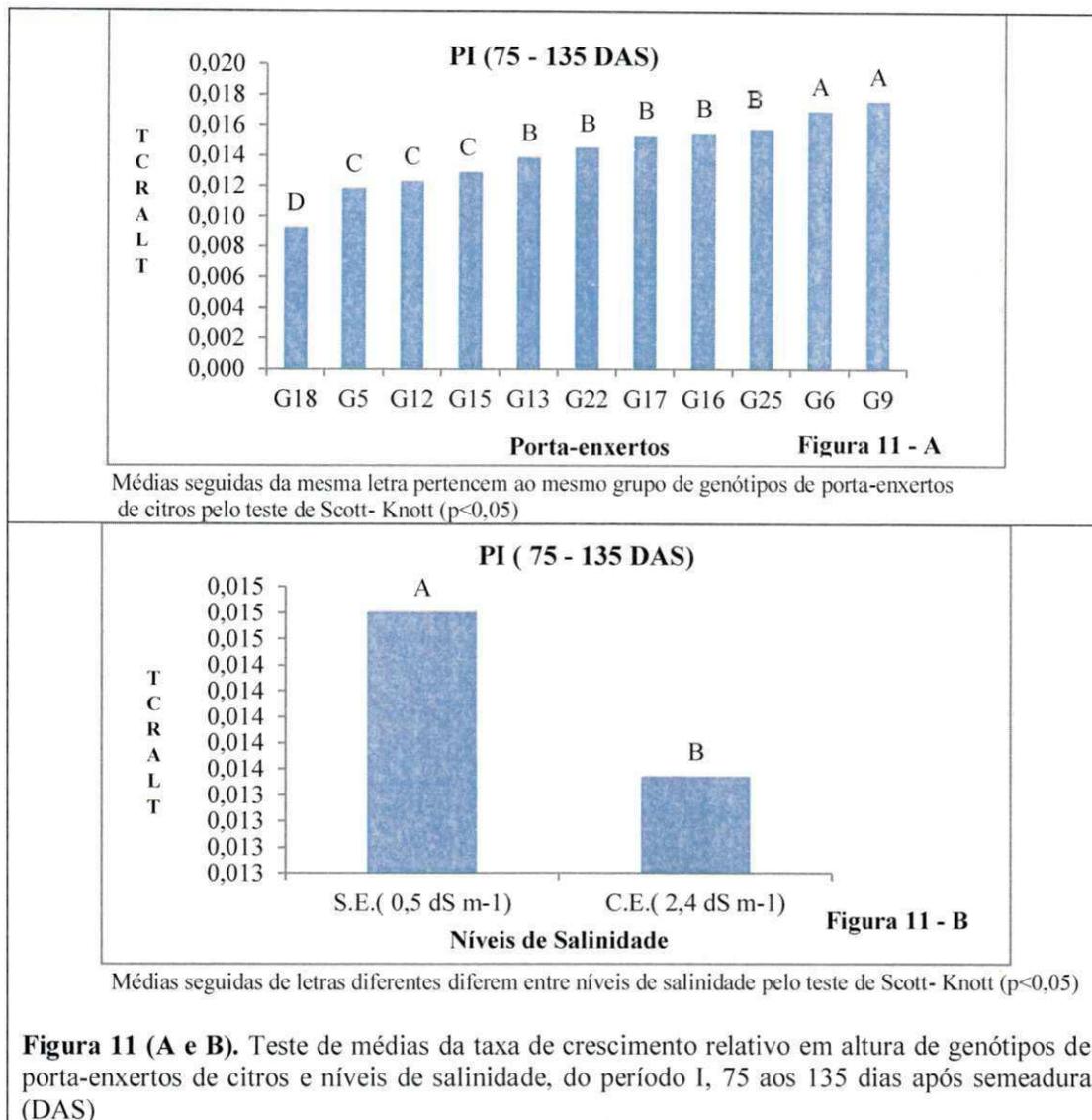
FV	GL	Quadrado médio	
		TCRALT	
		PI ( 75 – 135 DAS)	PII (150 - 210 DAS)
GEN	10	0,000036**	0,000035**
NSAL	1	0,000026*	0,000050**
BLOCO	2	0,000003 <sup>n.s.</sup>	0,000002 <sup>n.s.</sup>
GEN x NSAL	10	0,000004 <sup>n.s.</sup>	0,000008**
RESÍDUO	42	0,000002	0,000004
CV(%)		14,11	16,84

n.s.: não significativo. \* e \*\* significativo a 0,05 e 0,01(teste F). DAS: dias após semeadura

Analisando isoladamente os genótipos de porta-enxertos de citros, observam-se quatro grupos de genótipos com relação às médias das taxas de crescimento relativo em altura de plantas; sendo que os genótipos TSKC x TRENG 256 (G6) e TSKC x (TR x LCR)-059 (G9) se destacaram dos demais, apresentando maiores médias e diferindo dos demais (Figura 11-A). Com referência à aplicação contínua de água salina, observa-se diferença significativa entre as taxas de crescimento relativo dos níveis de salinidade

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

CEa= 2,4 dS m<sup>-1</sup> ao longo do período de crescimento I (75 – 135 DAS) em relação à aplicação não salina CEa= 0,5 dS m<sup>-1</sup>.



Verificam-se no desdobramento de médias, genótipos dentro de níveis salino, de 150 aos 210 dias após semeadura (DAS), com referência as taxas de crescimento relativo em altura, que os genótipos TSKFL x CTTR 017 (G12), 2- TSKFL x CTTR 013 (G13), TSKC x CTTR 025 (G17), TSKFL x LRM 017 (G22 e TSKC x (TR x LCR)-059 (G9) apresentaram maior tolerância ao estresse salino, em aplicação contínua de água salina de 4,0 dS m<sup>-1</sup> em relação a 0,5 dS m<sup>-1</sup>, não havendo diferença significativa, portanto, entre os dois níveis de salino; já os genótipos LVK x LCR (G15), TSKC x TRENG 256 (G6), LCSTC (G5), TSKC x TRENG 264 (G16) e LVK 10 (G25) foram os mais sensíveis em aplicação contínua de água salina de 4,0 dS m<sup>-1</sup>

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

em relação a  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ , pois apresentaram menores taxas de crescimentos relativo em altura de plantas e houve diferença entre os dois níveis de sais (Tabela 12).

**Tabela 12.** Médias do desdobramento de genótipos dos porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados para a taxa de crescimento relativo da altura de plantas, de 150 aos 210 dias após sementeira (DAS), Período II. Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	TCRALT	
	150 - 210 DAS	
	N1 ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ )	N2 ( $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ )
G12	0,010bA	0,0094bA
G13	0,013aA	0,0139aA
G18	0,0059dA	0,0082bB
G25	0,0081cA	0,0050cB
G15	0,0087cA	0,0052cB
G6	0,0086cA	0,0036dB
G5	0,0062dA	0,0029dB
G16	0,0089cA	0,0049cB
G17	0,0092cA	0,0098bA
G22	0,0080cA	0,0071cA
G9	0,0078cA	0,0057cA

Mesma letra minúscula na vertical não diferem entre genótipos pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre níveis de salinidade pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). **Genótipos:** 1-TSKFL x CTTR 017 (G12); 2- TSKFL x CTTR 013 (G13); 3- CTSW (G18); 4 - LVK 10 (G25); 5- LVK x LCR (G15); 6-TSKC x TRENG 256 (G6); 7- LCSTC (G5); 8 - TSKC x TRENG 264 (G16); 9 - TSKC x CTTR 025 (G17); 10- TSKFL x LRM 017 (G22); 11-TSKC x (TR x LCR)-059 (G9)

#### Taxa de crescimento relativo das folhas (TCRF)

A Taxa de crescimento relativo avalia o crescimento relativo da planta, em termos de matéria seca formada na parte aérea, mais precisamente nas folhas (área foliar) em função do peso inicial; representa o aumento de área foliar em determinado período de tempo e é também, chamada, de Taxa de crescimento relativo das folhas (TCRF). A análise de TCRF segue o mesmo raciocínio observado com o parâmetro taxa de crescimento relativo (TCR) do qual se diferencia em virtude de relacionar mais a parte aérea e não a planta, como um todo.

Verifica-se efeito significativo (Tabela 13) dos genótipos de porta-enxertos e dos níveis de salinidade da água sobre a taxa de crescimento em número de folhas, nos dois

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

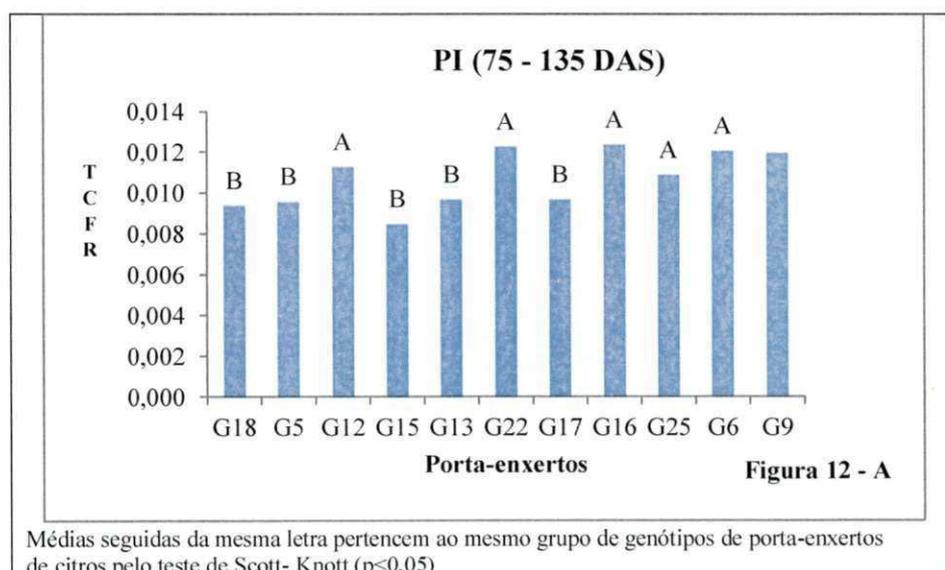
períodos de crescimento (PI e PII); no entanto, não houve interação entre os dois fatores estudados.

**Tabela 13.** Resumo da análise de variância para as taxas de crescimento relativo foliar (TCRF) em genótipos de porta-enxertos de citros (GEN), sob níveis salino (SE: sem estresse salino e CE: com estresse salino) nos dois períodos de crescimento (PI: 75 - 135 DAS e PII: 150 - 210 DAS). Campina Grande, 2011

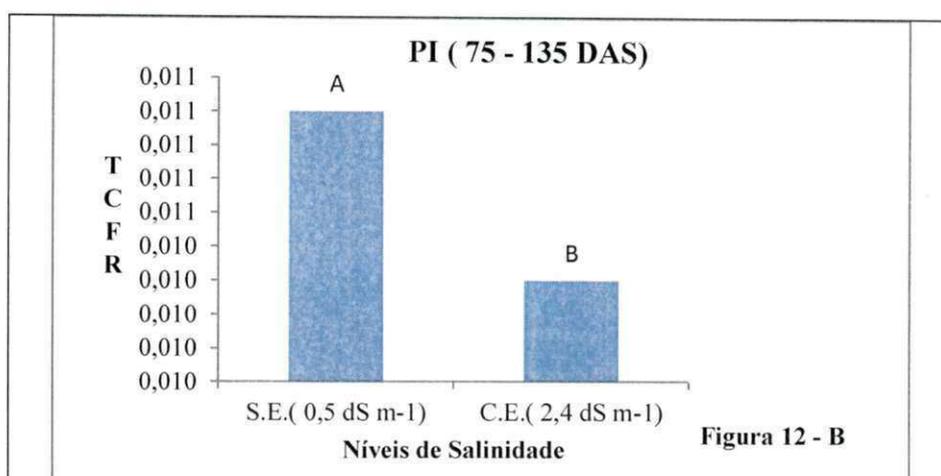
FV	GL	Quadrado médio	
		TCRF	
		PI (75 - 135 DAS)	PII (150 - 210 DAS)
GEN	10	0,000012**	0,000010**
NSAL	1	0,000017**	0,000196**
BLOCO	2	3,8469E-0007	0,000003 <sup>n.s.</sup>
GEN x NSAL	10	0,000002 <sup>n.s.</sup>	0,000003 <sup>n.s.</sup>
RESÍDUO	42	0,000001	0,000002
CV(%)		11,21	38,57

n.s.: não significativo e \*\* significativo a 0,01 ( teste F). DAS: dias após semeadura

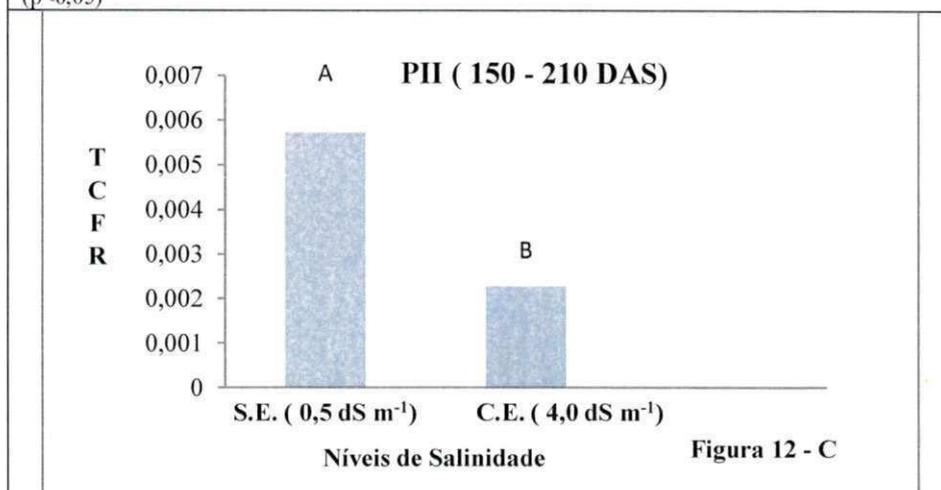
Analisando isoladamente os genótipos de porta-enxertos de citros, observam-se dois grupos de genótipos com relação às médias das taxas de crescimento relativo foliar sendo que os genótipos TSKFL x CTTR 017 (G12), TSKFL x LRM 017 (G22), TSKC x (TR x LCR)-059 (G9), TSKC x TRENG 264 (G16), TSKC x TRENG 256 (G6) e LVK 10 (G25) apresentaram maiores médias, não diferindo entre si (Figura 12-A). Em referência à aplicação contínua de água salina, nota-se diferença significativa nas taxas de crescimento relativo foliar entre a salinidade, CEa= 2,4 dS m<sup>-1</sup>, ao longo do período de crescimento I e II, quanto à aplicação não salina CEa= 0,5 dS m<sup>-1</sup> (Figura 12-B e 3-C).



Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino



Médias com letras diferentes diferem entre níveis de salinidade pelo teste de Scott- Knott ( $p < 0,05$ )



Médias com letras diferentes diferem entre níveis de salinidade pelo teste de Scott- Knott ( $p < 0,05$ )

**Figura 12 (A, B e C).** Teste de média da taxa de crescimento relativo foliar, comparando-se os genótipos de porta-enxertos de citros e níveis de salinidade, do período I, 75 a 135 (DAS) e do período II, 150 a 210 DAS

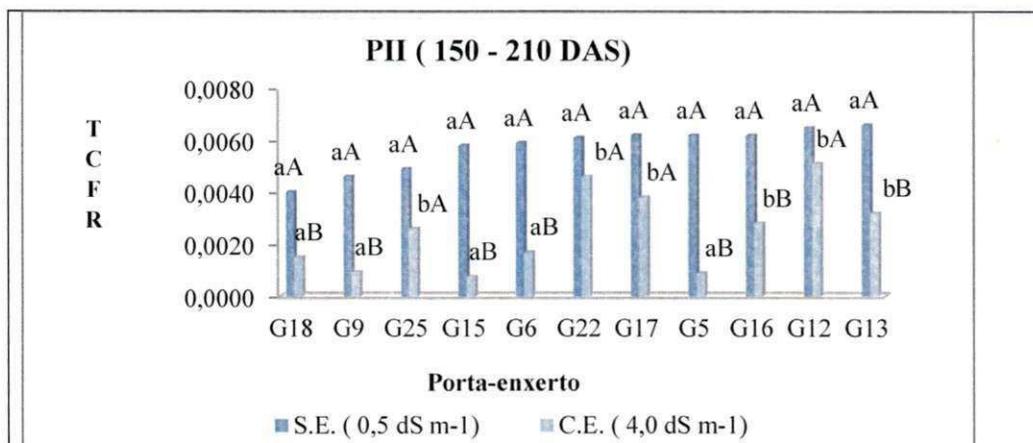
Verifica-se, na interação entre os dois fatores para taxa de crescimento relativo foliar, que os genótipos TSKFL x CTTR 013 (G13), CTSW (G18), LVK x LCR (G15), TSKC x TRENG 256 (G6), LCSTC (G5) e TSKC x TRENG 264 (G16) foram mais sensíveis à salinidade de água e os genótipos TSKFL x CTTR 017 (G12), TSKC x CTTR 025 (G17), TSKFL x LRM 017 (G22) e LVK 10 (G25) apresentaram maiores crescimento relativo foliar que os demais genótipo no nível de salinidade 4,0 dS m<sup>-1</sup>, não diferindo-se entre os níveis de salinidade (4,0 e 0,5 dS m<sup>-1</sup>), sugerindo-se assim mecanismo de tolerância à salinidade (Figura 13 e Tabela 14).

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

**Tabela 14.** Médias do desdobramento de genótipos dos porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados para a taxa de crescimento relativo foliar, de 150 aos 210 dias após semeadura (DAS), Período II. Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	TCRF	
	PII (150 - 210 DAS)	
	N1 (0,5 dS m <sup>-1</sup> )	N2 (4,0 dS m <sup>-1</sup> )
G12	0,0065aA	0,0051aA
G13	0,0066aA	0,0032bB
G18	0,0040aA	0,0015bB
G25	0,0049aA	0,0026aA
G15	0,0058aA	0,0007bB
G6	0,0059aA	0,0016bB
G5	0,0062aA	0,0009bB
G16	0,0062aA	0,0028aB
G17	0,0062aA	0,0038aA
G22	0,0061aA	0,0046aA
G9	0,0046aA	0,0009bB

Mesma letra minúscula na vertical não diferem entre genótipos pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre níveis de salinidade pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). **Genótipos:** 1-TSKFL x CTTR 017 (G12); 2- TSKFL x CTTR 013 (G13); 3- CTSW (G18); 4 - LVK 10 (G25); 5- LVK x LCR (G15); 6-TSKC x TRENG 256 (G6); 7- LCSTC (G5); 8 - TSKC x TRENG 264 (G16); 9 - TSKC x CTTR 025 (G17); 10- TSKFL x LRM 017 (G22); 11-TSKC x (TR x LCR)-059 (G9)



Médias minúsculas seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo de genótipos de porta-enxertos de citros pelo teste de Scott- Knott ( $p < 0,05$ ) sob o mesmo nível de estresse salino; letras maiúsculas diferentes diferem entre níveis salinos, em porta-enxertos de citros pelo Scott-Knott ( $p < 0,05$ )

**Figura 13.** Médias do desdobramento dos genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados para a taxa de crescimento relativo foliar no período II, aos 150 à 210 DAS. Campina Grande, PB, 2011

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

#### Taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule (TCRDC)

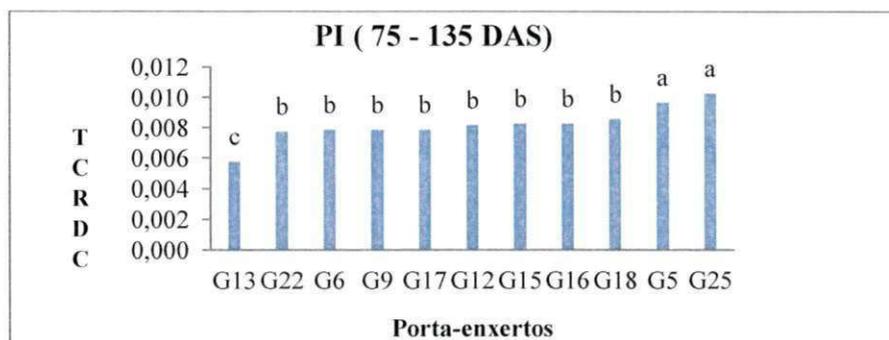
Constata-se efeito significativo dos genótipos de porta-enxertos nos dois períodos de crescimento (PI e PII) e dos níveis de salinidade da água sobre a taxa de crescimento em diâmetro do caule, mas somente no período II, não havendo interação significativa entre os dois fatores estudados sobre esta variável em estudo ((Tabela 15). O efeito significativo do nível de salinidade apenas no período II, é justificado pela fato de haver uma acumulação gradativa da salinidade da água no substrato, como indicado na análise química do substrato no final do experimento e no período II, a condutividade elétrica da água aplicada é superior ( $4,0 \text{ dSm}^{-1}$ ) ao período I ( $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ ).

**Tabela 15.** Resumo da análise de variância para as taxas de crescimento relativo em diâmetro do caule (TCRDC) em genótipos de porta-enxertos de citros (GEN) sob os níveis salino (SE: sem estresse salino e CE: com estresse salino) nos dois períodos de crescimento (PI: 75 - 135 DAS e PII: 150 - 210 DAS). Campina Grande, 2011

FV	GL	Quadrado médio	
		TCRALT	
		PI ( 75 – 135 DAS)	PII (150 - 210 DAS)
GEN	10	0,000008**	0,000010**
NSAL	1	0,000002 <sup>n.s.</sup>	0,000077**
BLOCO	2	0,000002 <sup>n.s.</sup>	0,000002 <sup>n.s.</sup>
GEN x NSAL	10	0,000001 <sup>n.s.</sup>	0,000006 <sup>n.s.</sup>
RESÍDUO	42	0,000001	0,000003
CV(%)		13,41	41,83

n.s.: não significativo e \*\* significativo a 0,01 ( teste F). DAS: dias após semeadura

Analisando-se isoladamente os genótipos de porta-enxertos de citros, observam-se três grupos de genótipos, com relação as médias das taxas de crescimento relativo em diâmetro do caule no período I; sendo que os genótipos LCSTC (G5) e LVK 10 (G25) apresentaram maiores médias, não diferindo-se entre si (Figura 14).

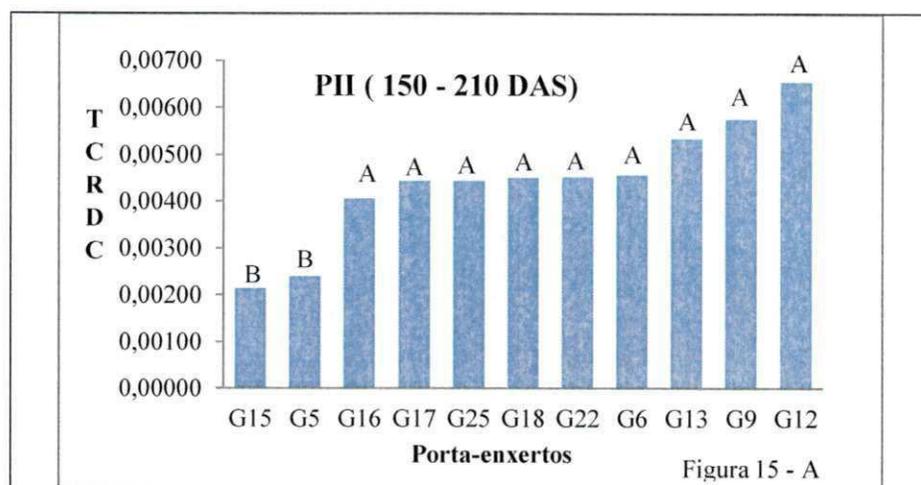


Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo de genótipos de porta-enxertos de citros pelo teste de Scott- Knott ( $p < 0,05$ ). g: gramas; d: dia

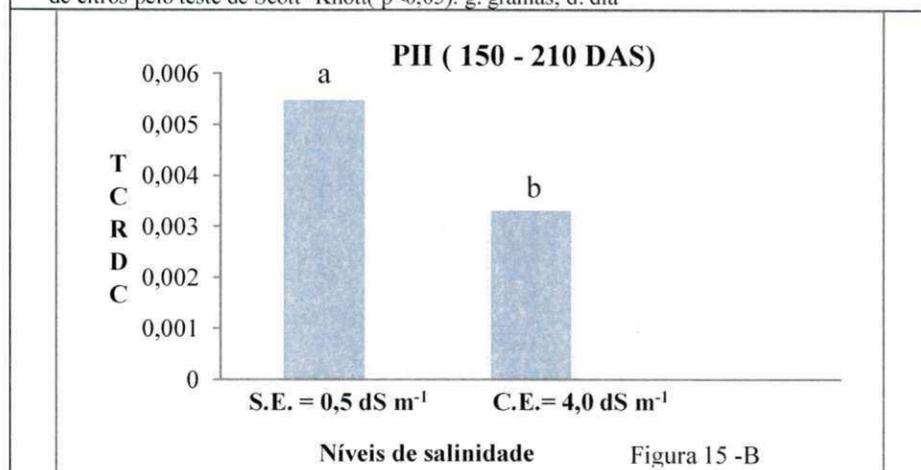
**Figura 14.** Teste de média da taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule dos genótipos de porta-enxertos de citros, do período I, 75 aos 135 dias após semeadura (DAS)

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

Com relação a aplicação contínua de água salina, observa-se diferença significativa nas taxas de crescimento relativo do diâmetro do caule entre os salinidade, no período de crescimento II( Figura 15-B).



Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo de genótipos de porta-enxertos de citros pelo teste de Scott- Knott(  $p < 0,05$ ). g: gramas; d: dia



Médias com letra diferentes diferem entre níveis de salinidade pelo teste de Scott- Knott (  $p < 0,05$ )

**Figura 15 (A e B).** Teste de média da taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule, comparando-se os genótipos de porta-enxertos de citros e níveis de salinidade, do período II, de 150 a 210 dias pós semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2011

No estudo do desdobramento da interação entre os dois fatores para taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule, verifica-se que os genótipos de porta-enxertos de citros diferiram entre si quando irrigados com água potável mas não diferiram entre si quando irrigados com água salina,  $CEa = 4,0 \text{ dS m}^{-1}$  (Tabela 15); no entanto, para esta variável, houve efeito significativo entre os níveis salinos para os TSKC x TRENG 256 (G6) e TSKC x (TR x LCR)-059 (G9) mostrando-se mais

**Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino**

sensíveis à salinidade e os genótipos TSKFL x CTTR 017 (G12), TSKC x CTTR 025 (G17), TSKFL x LRM 017 (G22) e LVK 10 (G25), apresentam maior crescimento relativo em diâmetro do caule em relação aos demais genótipos sob estresse salino de 4,0 dS m<sup>-1</sup>, resultados similares ao crescimento relativo foliar e não diferem entre níveis de salinidade, sugerindo-se assim, mecanismo de tolerância à salinidade ( Tabela 16).

**Tabela 16.** Médias do desdobramento de genótipos dos porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados para a taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule, de 150 aos 210 dias após semeadura (DAS), Período II. Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	TCRDC	
	PII (150 - 210 DAS)	
	N1 (0,5 dS m <sup>-1</sup> )	N2 (4,0 dS m <sup>-1</sup> )
G12	0,0065aA	0,0051aA
G13	0,0066aA	0,0032bA
G18	0,0040aA	0,0015bA
G25	0,0049aA	0,0026aA
G15	0,0058aA	0,0007bA
G6	0,0059aA	0,0016bB
G5	0,0062aA	0,0009bA
G16	0,0062aA	0,0028aA
G17	0,0062aA	0,0038aA
G22	0,0061aA	0,0046aA
G9	0,0046aA	0,0009bB

Mesma letra minúscula na vertical não diferem entre genótipos pelo teste de Scott-Knott (p<0,05). Mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre níveis de salinidade pelo teste de Scoo-Knott (p<0,05). **Genótipos:** 1-TSKFL x CTTR 017 (G12); 2- TSKFL x CTTR 013 (G13); 3- CTSW (G18); 4 - LVK 10 (G25); 5- LVK x LCR (G15); 6-TSKC x TRENG 256 (G6); 7- LCSTC ( G5); 8 – TSKC x TRENG 264 (G16); 9 - TSKC x CTTR 025 (G17); 10- TSKFL x LRM 017 (G22); 11-TSKC x (TR x LCR)-059 (G9)

**Comprimento da raiz principal (CRP)**

Observa-se na Tabela 17, efeito não significativo dos genótipos de porta-enxertos, dos níveis de salinidade da água e da interação entre estes dois fatores sobre o comprimento da raiz principal pelo teste F (p<0,05).

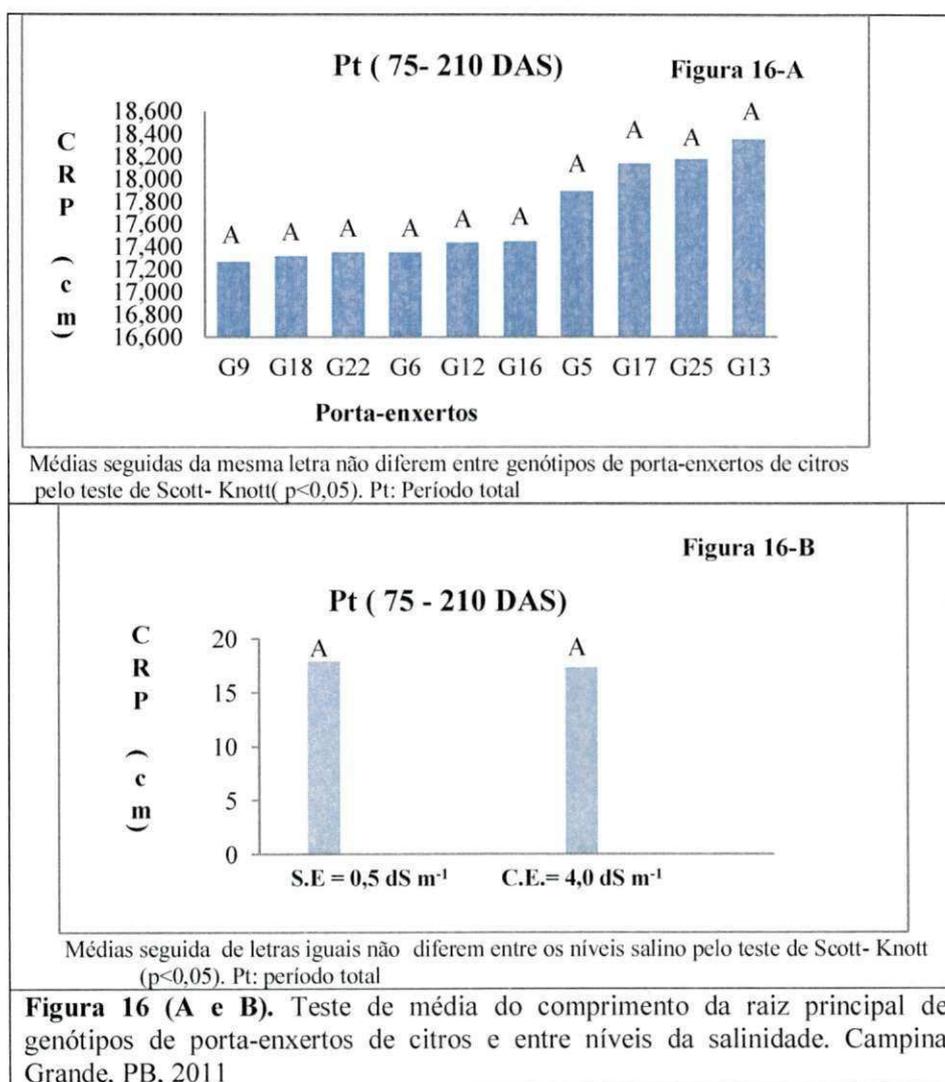
### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

**Tabela 17.** Resumo da análise de variância para o comprimento da raiz principal (CRP) em genótipos de porta-enxertos de citros (GEN) e níveis salinos (NSAL), nos dois períodos de crescimento. Campina Grande, 2011

FV	GL	Quadrado médio
		CRP
GEN	10	1,0672 <sup>n.s.</sup>
NSAL	1	4,876 <sup>n.s.</sup>
BLOCO	2	1,458 <sup>n.s.</sup>
GEN x NSAL	10	1,480 <sup>n.s.</sup>
RESÍDUO	42	1,756
CV(%)		7,50

n.s.: não significativo, \*\* e \* significativo a 0,01 e 0,05 (teste F), respectivamente. F.V. : Fontes de variação e G.L.: graus de liberdade

Observa-se, no estudo de médias pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) que não houve diferença significativa entre genótipos de porta-enxertos de citros nem entre níveis de salinidade da água sobre a variável comprimento da raiz principal ( Figura 16, A e B).



#### 4. CONCLUSÕES

1. O estresse salino provoca redução no crescimento das plantas, notadamente na altura e no número de folhas e, em menor nível, no diâmetro do caule.
2. Os genótipos de porta-enxertos de citros TSKC x TRENG 256 (G6), CTSW (G18) e TSKFL x CTTR – 013 (G13) foram mais sensíveis ao estresse salino e os genótipos de porta-enxertos TSKFL x CTTR – 017 (G12), TSKFL x LRM – 017 (G22) e TSKC x CTTR – 025 (G17) mostraram-se mais tolerantes à salinidade, considerando-se as principais variáveis de crescimento (altura, número de folhas e diâmetro do caule) e as taxas de crescimento relativo correspondente as variáveis referidas.
3. Os genótipos de porta-enxertos LCSTC (G5) e LVK x LCR (G15) não sobrevivem ao estresse salino na condutividade elétrica de 4,0 dS m<sup>-1</sup>.
4. O genótipo de porta-enxerto TSKC x CTTR - 025 (G17) obteve o maior diâmetro do caule em cultivo sem estresse salino.
5. A taxa de crescimento relativa foliar foi a variável mais afetada pelo estresse salino, por apresentar maior número de genótipos sensíveis à salinidade.

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

---

#### 5. REFERÊNCIAS

BERNSTEIN, L. **Salt tolerance of fruit crops**. U.S. Dept. Agriculture, 1980. 8p. (Information Bulletin 292).

BENINCASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas)**. Jaboticabal. FUNEP. 2004. 42p.

BRITO, M. E. B. **Tolerância de genótipos de citros ao estresse salino**. Campina Grande, 2010. 155f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

BRITO, M.E.B. **Tolerância de porta-enxertos de citros à salinidade**. Campina Grande, 2007, 107p, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Campina Grande.

CARMO, G.A.; MEDEIROS, J.F.; TAVARES, J.C.; GHEYI, H.R.; SOUZA, A. M.; PALÁCIO, E.A.Q. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n.3, p. 513-518, 2003.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; SOARES FILHO, W. S.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F.; DIAS, A. T.; PAES, R. A. Produção e partição de matéria seca e abertura estomática do limociro „Cravo“ submetido a estresse salino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 528-531, 2003.

DAVENPORT, R.; JAMES, R.A.; ZAKRISSON-PLOGANDER,A.; TESTER,M.; MUNNS, R. Control of sodium transport in durum wheat. **Plant Physiology**, Minneapolis. v. 137, p.807-818, 2005.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises do solo. 2.ed. Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. 1997. 212p.

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

---

FERNANDES, P. D. **Análise de crescimento e desenvolvimento vegetal**. Campina Grande: UFPB – DEAg, 2002. 52p.

FAO. Water, soil and crop management relating the use of saline water. AGL/MISC/16/9/90, Rome. 1990. <http://www.apps.fao.org>. 15 Ago. 2004.

GONDIM, A. R. O.; MEDEIROS, J. F.; Levien, S. L. A. ; CARMO, G.A. Coeficiente de cultura e salinidade do solo na fase reprodutiva da bananeira irrigada com diferentes níveis de salinidade. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 31, 2002, Salvador, **Anais...**, Salvador: SBEA, 2002. CD – Rom.

KUMAR,V.; SHIRAM,V.; NIKAM, T.D., JAWALI N.; SHITOLE M.G. Sodium chloride-induced changes in mineral nutrientes and accumulation in indica rice cultivars differing in salt tolerance. **Journal of Plant Nutrition**, v. 31, p. 1999-2017, 2008.

LEPRUN, J. C. Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste. In: **Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste Brasileiro**. Recife: SUDENE, 1983. p. 91-149.

MAGALHÃES. A.F. de J. Adubação de plantas cítricas sob telado. Agronline.com.br. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php.id=401>>. Acesso em: 20 de maio de 2011.

MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo, EPU, 1985. V.1, p.363 - 50.

MANSOUR, M.M.F.; SALAMA, K.H.A.; ALI, F.Z.M.; ABOU HADIS, A.F. Cell of plant responses to NaCl in *Zea mays* L. cultivars differing in salt tolerance. **General and Applied Plant Physiology**, v. 31, p.29-41, 2005.

MEDEIROS, J.F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos estados do RN, PB e CE**. Campina Grande, Dissertação (Mestrado), 1992. 137p. Universidade Federal da Paraíba.

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

---

MEDINA, C.L.; RENA, A.B.; SIQUEIRA, D. L.; MACHADO, E.C. Fisiologia dos citros. **Citros** (editores). Dirceu de Mattos Junior; José Dagoberto De Negri; Rose Mary Pio; Jorgino Pompeu Junior. C498 Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. 929p.

MOHAMMAD, M.; SHIBLI, R.; AJOUNI, M. & NIMRI, L. 1998. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, 21: 1667- 1680.

MUNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: Some dogmas and hypohese. **Plant Cell Environment**, v.16, p.15-24, 1993.

PARIDA, A.K.; DAS, A.B. & MITTRA, B. 2004a. Effects of salto on growth, ion accumulation photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, *Bruguiera parviflor*. **Tress – Structure and Function**, 18: 167 – 174.

PRISCO, J.T. ; GOMES FILHO, E. Fisiologia e Bioquímica do estresse salino em plantas. In: **Manejo da salinidade da agricultura: estudos básicos e aplicados**. Gheyi, H.R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de. Fortaleza, INCT Sal, 2010. cap. 9. p. 143-159.

REIS, G. G.; MULLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas – mensuração do crescimento**. Belém, CPATU, 1978. 35p.

RICHARDS, L.A. (ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954, 160p. (USDA. **Agriculture Handbook**, 60).

RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; SANTOS, M. G.; OLIVEIRA, R. F. Photosynthesis and water relations of well-watered orange plants as affected by winter and summer conditions. **Photosynthetica**, Prague, v. 47, n.2, p. 215-222, 2009.

### Capítulo III – Crescimento de genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

---

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, Q.M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133p. (Irrigation and Drainage Paper, 48).

SAQIB, M.; AKHTAR, J.; QURESHI, R. H. Pot study on wheat growth in saline and waterlogged compacted soil: I. Root growth and leaf ionic relations. **Soil and Tillage Research**, v.77, p.179-187, 2004.

SAQIB, M.; ZORB, B.; RENGEL, Z.; SCHUBERT, S. Na<sup>+</sup> exclusion and salt resistance of wheat ( *Triticum aestivum* ) are improved by the expression of endogenous vacuolar Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporters in roots and shoots. **Plant Science**, v. 169, p.959-965, 2005.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Glossary of soil Science terms**. Madson: American Society of Soil Science, 1997. 44p.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 338-342, 2000.

TAIZ, T.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4<sup>a</sup> ed, Porto Alegre: ArtMed, 2009. 828p.

### RESUMO

Com este estudo propôs-se avaliar as trocas gasosas em diferentes genótipos de porta-enxerto de citros, cultivados sob condições de salinidade, em experimento conduzido em casa de vegetação, adotando-se um delineamento em blocos casualizados com três repetições combinando-se dois níveis de salinidade da água de irrigação - CEa (0,5 e 2,4 dS m<sup>-1</sup>) e dez genótipos de porta-enxerto de citros LCSTC (G5); TSKC x TRENG 256 (G6); TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9); TSKFL x CTTR - 013 (G13); TSKC x TRENG - 264 (G16); TSKC x CTTR - 025 (G17); LVK - 10 (G25); TSKFL x CTTR - 017 (G12); CTSW (G18) e TSKFL x LRM - 017 (G22). As plantas foram cultivadas em tubetes com capacidade volumétrica de 288 mL; a parcela experimental constou de 15 plantas úteis de cada genótipo, nas unidades experimentais, enquanto as taxas de trocas gasosas foliares foram obtidas utilizando-se medidor portátil de fotossíntese (IRGA), aos 135 dias após semeadura (DAS). Após os resultados desta avaliação e análises estatísticas pelo programa Sisvar, conclui-se que a salinidade da água de irrigação prejudica os porta-enxertos de citros, provocando reduções na condutância estomática, nas taxas de fotossíntese líquida, na eficiência do uso da água e na eficiência instantânea da carboxilação e, ainda, que os genótipos LCSTC (G5) e TSKC x TRENG-256 (G6) apresentaram uma redução na condutância estomática; o genótipo LVK - 10 (G25) uma redução média nas taxas transpiratória; os genótipos de porta-enxerto de citros LCSTC (G5); TSKC x TRENG 256 (G6); TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9), TSKC x CTTR - 025 (G17) e LVK - 10 (G25) apresentaram maior sensibilidade à salinidade da água nas variáveis Eficiência instantânea da carboxilação (*E<sub>i</sub>C*), Eficiência do uso da água (*A/E*) e Taxa de fotossíntese líquida (*A*) em aplicação contínua de água com CEa de 2,4 dS m<sup>-1</sup> em relação à aplicação de água potável (CEa de 0,5 dS m<sup>-1</sup>) e ainda os genótipos de porta-enxertos TSKFL x CTTR - 017 (G12), TSKFL x CTTR - 013 (G13) e TSKFL x LRM - 017 (G22) mostraram mecanismos de tolerância à salinidade da água nas variáveis Eficiência instantânea da carboxilação (*E<sub>i</sub>C*), Eficiência do uso da água (*A/E*) e Taxa de fotossíntese líquida (*A*) em aplicação contínua de água com CEa de 2,4 dS m<sup>-1</sup> em relação à aplicação de água potável (CEa de 0,5 dS m<sup>-1</sup>).

**Palavras-chaves:** *Citrus* spp, estresse salino, trocas gasosas

GAS EXCHANGE IN CITRUS GENOTYPES OF ROOTSTOCKS UNDER TERMS OF SALINE STRESS

ABSTRACT

This study set out to assess gas exchange in different genotypes of rootstocks grown under saline conditions in an experiment conducted in a greenhouse adopting a randomized block design with three repetitions combining two salinity levels of irrigation water - CEa (0.5 and 2.4 dS m<sup>-1</sup>) and ten genotypes of rootstock LCSTC (G5); TSKC x TRENG 256 (G6); TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9); TSKFL x CTTR - 013 (G13); TSKC x TRENG - 264 (G16); TSKC x CTTR - 025 (G17); LVK - 10 (G25); TSKFL x CTTR - 017 (G12); CTSW (G18) and TSKFL x LRM - 017 (G22). The plants were grown in tubes with volumetric capacity of 288 mL, the experimental plot consisted of 15 useful plants of each genotype in experimental units, while rates of leaf gas exchange were obtained using a portable photosynthesis meter (IRGA) 135 days after seeding (DAS). After the results of this assessment and statistical analysis by the program Sisvar, it appears that the salinity of the irrigation water harms rootstock, causing reductions in stomatal conductance, liquid photosynthesis rates, on the efficiency of water use and on instantaneous efficiency of carboxylation and further the genotypes LCSTC (G5) and TSKC x TRENG-256 (G6) presented a reduction in stomatal conductance; genotype LVK - 10 (G25) presented an average decrease on the transpiration rates; the genotypes of rootstock LCSTC (G5); TSKC x TRENG 256 (G6); TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9), TSKC x CTTR - 025 (G17) and LVK - 10 (G25) showed greater sensitivity to salinity of water in the variables of Instantaneous carboxylation efficiency (*EiC*), Water use efficiency (*A/E*) and Rate of liquid photosynthesis (*A*) in continuous application of water with CEa of 2.4 dS m<sup>-1</sup> in relation to application of potable water (CEa of 0.5 dS m<sup>-1</sup>) and also the genotypes of rootstock TSKFL x CTTR - 017 (G12), TSKFL x CTTR - 013 (G13) and TSKFL x LRM - 017 (G22) proved mechanisms of tolerance to salinity of water in variables of Instantaneous carboxylation efficiency (*EiC*), Water use efficiency (*A/E*) and rate of liquid photosynthesis (*A*) in continuous application of water with CEa of 2.4 dS m<sup>-1</sup> in relation to application of potable water (CEa of 0.5 dS m<sup>-1</sup>).

**Keywords:** *Citrus* spp, saline stress, gas exchange

## **1. INTRODUÇÃO**

De acordo com o IBGE, a produção brasileira de citros, foi em 2009, de 19,6 milhões de toneladas, dos quais 17,6 milhões no grupo das laranjas, correspondendo a 89,83% da produção; 1,09 milhão de toneladas nas tangerinas ou 5,58% da produção e 0,90 milhão de toneladas de limas/limões ou 4,59% da produção; neste ano o Nordeste contribuiu com 10,06% na produção nacional de laranja, 4,59% de tangerina e 9,23% de limão, enquanto o Sudeste participou com 82, 12, 54,94 e 84,02% nos referidos grupos, respectivamente, dados que evidenciam a necessidade de o Nordeste concorrer com produtos que mais se adaptem às condições climáticas regionais, sobretudo as que ocorrem no semiárido.

Os citros são árvores frutíferas pertencentes a um grupo de plantas sempre-verdes, ou seja, aquelas que mantêm as folhas verdes e ativas fotossinteticamente, durante todo o ano. No entanto, como todos os fatores ambientais variam sazonalmente, a fotossíntese e os outros processos fisiológicos relacionados com o desenvolvimento também variam (MEDINA et al., 2005).

A região semiárida do Brasil é caracterizada por apresentar insuficiência hídrica e chuvas mal distribuídas e uma das alternativas para aumento da produtividade nessa área é a irrigação. Entretanto, esta técnica, sob manejo inadequado, tem gerado vários problemas ambientais, principalmente a salinização do solo (GHEYI et al., 1991). Estima-se que 20% das terras cultivadas no mundo e aproximadamente metade das terras irrigadas estejam afetadas por sais (SAIRAM & TYAGI, 2004). Este problema é mais agudo nas regiões semiáridas onde a baixa pluviosidade e a elevada demanda evaporativa contribuem decisivamente para o agravamento da salinização dos solos. Além de reduzir o potencial hídrico do solo altas concentrações de sais no solo, podem provocar efeitos tóxicos nas plantas, causando distúrbios funcionais e injúrias no metabolismo (VIÉGAS et al., 2001).

O estresse osmótico, associado ao acúmulo total de sais no solo, reduz a disponibilidade de água para os vegetais e pode afetar conseqüentemente, as trocas gasosas e o crescimento nas plantas (BEZERRA et al., 2003).

Em geral, os estresses causados pelo excesso de íons, diminuem a assimilação de CO<sub>2</sub>, condutância estomática e transpiração das plantas (GULZAR et al., 2003). Contudo, aumenta a respiração e a concentração de carbono interno (KHAVARINEJAD & CHAPARZADEH, 1998).

#### Capítulo IV– Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

---

Os processos de fotossíntese e transpiração estão intimamente relacionados através dos estômatos, pois ao mesmo tempo em que os estômatos oferecem resistência à difusão da água de dentro da folha para a atmosfera, eles se constituem de uma barreira para a aquisição de CO<sub>2</sub>. Portanto, reduções na condutância estomática com o intuito de reduzir a perda de água, também reduzem as taxas fotossintéticas (PEARCY & PFTISCH, 1991).

Para que a assimilação fotossintética ocorra, o CO<sub>2</sub> difunde da atmosfera até o cloroplasto, no mesófilo da folha, no sítio de carboxilação da rubisco. A taxa de difusão depende do gradiente de concentração dos gases entre a superfície da folha e o cloroplasto e de uma série de resistências à difusão do gás. Como a superfície foliar é coberta por uma cutícula praticamente impermeável ao CO<sub>2</sub>, sua principal via de entrada até a cavidade subestomática é através do poro estomático, seguindo para os espaços intercelulares, numa difusão em fase gasosa. Dos espaços intercelulares o CO<sub>2</sub> se difunde numa fase líquida até o interior do cloroplasto nas células do mesófilo, atravessando a membrana plasmática e o citosol. O mecanismo de abertura e fechamento dos poros dos estômatos tem função decisiva nas trocas gasosas em plantas. Quando eles estão totalmente abertos o valor da resistência à difusão é mínima e, com o fechamento dos poros, a resistência estomática cresce infinitamente, impedindo praticamente, toda entrada de CO<sub>2</sub>, ao mesmo tempo em que a abertura estomática possibilita a entrada do CO<sub>2</sub>, expõe a superfície úmida da camada subestomática à atmosfera, ocorrendo perda de água em processo denominado transpiração, em vista do gradiente de concentração da água entre a superfície interna hidratada e a atmosfera (MEDINA et al., 2005).

Condições propícias à fixação de carbono favorecem a abertura dos estômatos enquanto condições propícias à perda de água favorecem seu fechamento, ou seja, se, por um lado, a diminuição da condutância estomática diminui a perda de água para a atmosfera por outro ocorre queda de assimilação de CO<sub>2</sub>. O movimento estomático é o meio mais rápido de que a planta dispõe para se ajustar às variações ambientais às quais que as folhas são submetidas. A regulação da abertura estomática ocorre por mecanismos complexos, que parecem agir no sentido de minimizar as perdas de água e maximizar a assimilação de gás carbônico (COWAN, 1977).

Taiz & Zeiger (2009) relataram que, quando os estômatos se fecham nos estádios iniciais de estresse hídrico, a eficiência no uso de água pode aumentar, isto é,

#### Capítulo IV– Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

---

mais CO<sub>2</sub> pode ser absorvido por unidade de água transpirada, visto que o fechamento estomático inibe a transpiração mais do que diminui as concentrações intercelulares de CO<sub>2</sub>, quando o estresse se torna severo; no entanto, a desidratação de células do mesófilo inibe a fotossíntese, o metabolismo do mesófilo é prejudicado e a eficiência do uso de água decresce.

Embora as taxas de fotossíntese em citros sejam menores que muitas espécies C<sub>3</sub>, a eficiência do uso da água (EUA) neste grupo é considerada alta quando comparada com outras plantas herbáceas, como pimenteira doce ou melão, situando-se ao redor de três  $\mu\text{mol mmol}^{-1}$  (MANTELL, 1977; MEDINA et al., 1999). Entretanto, Hoare & Bans (1974) mostraram que a vantagem dessa maior eficiência para laranjeiras não era mantida durante a deficiência hídrica, pois havia um aumento simultâneo na resistência do estômato e mesófilo enquanto, em outras plantas, o aumento da resistência estomática ocorre normalmente antes.

A potencialidade para aumento de fotossíntese nos citros com o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> no mesófilo, é uma indicação de que a prática de enriquecimento de CO<sub>2</sub> na atmosfera pode aumentar a produtividade, particularmente em sistemas de produção protegidos, como a produção de mudas ou borbulheiras em estufas (MEDINA et al., 2005). No entanto, isto não foi evidenciado quando as plantas foram submetidas às condições de estresse salino.

Lloyd et al. (1987) observaram declínio no potencial da água com o acúmulo de sais nas folhas de laranjeira Valência, enxertadas tanto em tangerina Cleópatra como em P, *trifoliata*, além de redução do potencial osmótico, o que permitiu a manutenção da turgescência celular maior que a das plantas controle. Apesar da manutenção do turgor celular pelo ajuste osmótico, a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e a condutância estomática foram reduzidas em proporções semelhantes, pela salinidade.

As condições climáticas da região nordeste favorecem o cultivo da cultura de citros, diminuindo a incidência de pragas quando comparada com a da região sudeste, apesar disto, a irrigação suplementar tem sido assunto de pesquisa devido à baixa qualidade de água a ser utilizada para irrigação, notadamente com referência à salinidade; dentre outras pesquisas para minimizar o problema da salinidade da água, tem sido prioritária a identificação de genótipos (híbridos e variedades) de citros com tolerância ao estresse salino.

## Capítulo IV – Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

Diante do exposto objetivou-se, com este trabalho, avaliar os efeitos de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação em genótipos de porta-enxerto de citros, sobre as trocas gasosas nos genótipos de citros, mediante o acompanhamento das seguintes variáveis: condutância estomática (gs); transpiração (E); taxa de fotossíntese líquida (A); eficiência intrínseca do uso da água (EUA); concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC - A/Ci).

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN da UFCG, município de Campina Grande, Estado da Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 7° 15' 18 "de latitude S e 35 ° 52' 28" de longitude W, a uma altitude de 550 m, no período de março a dezembro de 2009.

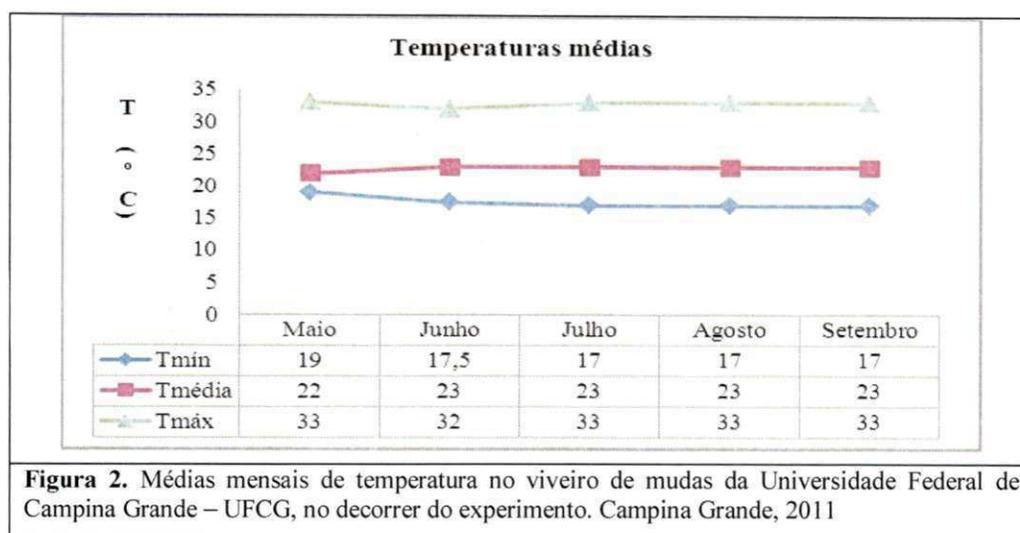
O experimento foi conduzido em ambiente protegido - viveiro de mudas (Figura 1), com cobertura plástica com filme de polietileno transparente com 150µ de espessura, tratados contra raios ultravioleta.



**Figura 1.** Visão geral do experimento de citros no viveiro de mudas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande, 2011

Diariamente foi monitorado, no horário da irrigação (entre 08h00min. e 09h00min. da manhã), a temperatura no viveiro (Figura 2), através de um termômetro analógico afixado no local.

**Capítulo IV – Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino**



**Figura 2.** Médias mensais de temperatura no viveiro de mudas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, no decorrer do experimento. Campina Grande, 2011

Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial dois x 10, com 3 repetições, sendo o primeiro fator formado de 3 níveis de salinidade da água de irrigação - CEa (0,5; 2,4 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>) a 25 °C, analisados dois a dois, ou seja, CEa (0,5 e 2,4 dS m<sup>-1</sup>), realizado no Período I - de 60 aos 135 dias após a semeadura, e CEa (0,5 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>), realizado no Período II - de 136 aos 210 dias após semeadura (DAS), sendo que a avaliação das taxas de trocas gasosas realizou-se aos 135 dias após semeadura, sendo, portanto, para esta pesquisa, considerada apenas o período I, CEa (0,5 e 2,4 dS m<sup>-1</sup>); a parcela experimental constou de 15 plantas úteis de cada genótipo, nas unidades experimentais. O fator genótipo (GEN) foi constituído de 10 genótipos de porta-enxerto de citros (variedades e híbridos), descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Genótipos de porta-enxerto (híbridos e variedades) de citros, utilizados no experimento. Campina Grande, PB, 2011

Nº	GENÓTIPOS DE PORTA-ENXERTOS
01	LCSTC- Limoeiro Cravo Santa Cruz (G5)
02	TSKC (Tangerina Sunki Comum') x (TR x LCR) (Ponfirus Trifoliata x Limão Cravo)– 059 (G9)
03	TSKFL (Tangerina Sunki da Flórida') x CTTR (Citrange Troyer) – 013 (G13)
04	TSKC (Tangerina Sunki Comum') x TRENG (Ponfirus Trifoliata English) – 264 (G16)
05	TSKC (Tangerina Sunki Comum) x CTTR (Citrange Troyer) – 025 (G17)
06	LVK (Limão Volkameriano – 10) (G25)
07	TSKFL (Tangerina Sunki da Flórida') x CTTR (Citrange Troyer) – 017 (G12)
08	CTSW – Citrumelo Swingle (G18)
09	TSKFL (Tangerina Sunki da Flórida) x LRM (Limoeiro Rugoso Mazoel)– 017 (G22)
10	TSKC (Tangerina Sunki Comum) x TRENG (Ponfirus Trifoliata English) – 256 (G6)

As águas de irrigação foram preparadas obtendo-se uma proporção equivalente de 7:2:1 respectivamente entre Na:Ca:Mg, a partir dos sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e

## Capítulo IV– Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, relação esta predominante em fontes de água utilizada para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste (LEPRUN, 1983; MEDEIROS, 1992). As águas foram obtidas com a mistura dos sais em água de abastecimento, a partir de uma CE= 0,5 dS m<sup>-1</sup> (Controle), até atingir 4,0 dS m<sup>-1</sup>. Após a preparação as águas foram armazenadas em recipientes plásticos de 50 L, um para cada nível de CE estudado, devidamente protegidos. Para o preparo das águas com as devidas condutividades elétricas (CE), os sais foram pesados conforme tratamento, adicionando-se águas, até ser atingido o nível desejado de CE, conferindo-se os valores com um condutivímetro portátil.

As sementes foram fornecidas pelo programa de pesquisa de Citricultura da EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura Tropical, em Cruz das Almas, pelo pesquisador Dr. Walter dos Santos Soares Filho. Foram semeados 3 sementes por tubetes com capacidade volumétrica de 288 mL, e, após emergência, foram eliminadas as plântulas poliembriônicas; realizou-se, também, a repicagem, deixando-se sempre uma plântula por tubete. Os tubetes foram preenchidos com substrato, compostos de 1 parte de solo de textura média + 1 parte de substrato comercial, à base de casca de pinus e vermiculita, conforme características químicas descrita na Tabela 2, cuja análise química foi realizada pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do DEAG da UFCG.

**Tabela 2.** Características químicas do substrato utilizado na produção de porta-enxerto de genótipos cítricos. Campina Grande, PB, 2011

H+ Al	Ca	Mg	K	Na	T	V
2,11	4,14	2,63	0,14	2,56	11,58	81,7
<b>pH</b>	<b>CEes</b>	<b>C. Ca. Q.</b>	<b>C.O.</b>	<b>M.O.</b>	<b>N</b>	<b>F.A.</b>
(H <sub>2</sub> O)	(dS m <sup>-1</sup> )	Ausente	0,64	1,10	0,06	4,86

Determinações realizadas segundo metodologia da EMBRAPA (2007) e Richard (1954)

Na fase de emergência e crescimento inicial das plantas, ou seja, até 60 dias após a semeadura (DAS), a irrigação foi realizada com regador manual utilizando-se água de abastecimento, duas vezes ao dia, para manter a umidade do substrato próximo à capacidade de campo, ficando geralmente em torno de 20 mL por tubetes para cada evento de irrigação.

Para se estimar o teor de água correspondente ao da umidade em capacidade de campo no substrato, foram amostrados, aleatoriamente, cinco tubetes contendo substrato, obtendo-se o peso do conjunto tubetes + substrato seco, após secagem ao ar

#### Capítulo IV– Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

livre; em seguida, eles foram colocados em recipiente com água para saturação, aguardando-se o tempo necessário para a água subir até a superfície do substrato por ascensão capilar; neste momento, foram retirados e, após o escoamento e drenagem natural, quantificou-se o peso do conjunto tubetes + substrato úmido. Pela diferença entre as duas pesagens obtiveram-se, o conteúdo hídrico retido pelo substrato, correspondente ao da capacidade de campo utilizado no manejo das irrigações (SOUZA et al., 2000). Após 60 dias da semeadura (DAS), o manejo da irrigação foi monitorado diariamente sendo que, para os tratamentos controle, sem estresse salino, os genótipos foram irrigados com volume obtido, conforme descrito por Souza et al. (2000), ou seja, 20 mL. Nos tratamentos com estresse salino, foi pesada diariamente uma planta de cada genótipo obtendo-se, em média, o volume em gramas; quando a diferença entre essas médias ultrapassava 10 mL, procedia-se a irrigação; a densidade da água considerada foi  $1 \text{ g cm}^{-3}$ .

Realizaram-se adubações de cobertura com nitrogênio, fósforo, potássio (10 mL por planta da solução (10 g de MAP + 5 g de Nitrato de Potássio) e micronutrientes, aplicando-se via foliar (1 g de Albatroz por litro de água), segundo a recomendação de adubação em citros sob telado (MAGALHÃES, 2011). Os tratos culturais foram repicagem de plântulas, escarificação do substrato, eliminação de brotações laterais e de plantas poliembriônicas.

**Variáveis analisadas:** A) Condutância Estomática -  $gs \text{ (mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ , B) Taxa de fotossíntese líquida -  $A \text{ (}\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$ , C) Transpiração -  $E \text{ (mmol m}^{-2}\text{s}^{-1})$ , D) Concentração Interna de  $\text{CO}_2$  -  $C_i \text{ (}\mu\text{mol mol}^{-1})$ , E) Eficiência intrínseca no uso da água  $\text{EUA} = A/E \text{ [(}\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) \text{ (mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}]$  e F) Eficiência Instantânea da Carboxilação  $\text{EiC} = A/C_i$ .

Com vistas à obtenção das taxas de trocas gasosas, analisadas nas folhas das plantas foram mensuradas com uso de um equipamento IRGA (Infra Red Gas Analyser), modelo LCpro+, aos 135 dias após a semeadura (DAS), no horário entre as 9h00min e 10h00min da manhã, exatamente quando se encerra o período I do experimento. Tais medidas foram realizadas sob densidade de fluxo de fótons fotossintéticos de  $1,200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , temperatura do ar de  $25^\circ\text{C}$  e concentração interna de  $\text{CO}_2$  ambiente constante de  $380 \mu\text{mol mol}^{-1}$  (MAGALHÃES-FILHO et al., 2008). Desta forma, foram observadas as leituras das seguintes variáveis: condutância estomática ( $gs$ ) ( $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), taxa de fotossíntese líquida ( $A$ ) ( $\mu\text{mol, m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ) ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e

## Capítulo IV – Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ). Por meio da relação entre a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A) e a transpiração (E), obteve-se a eficiência intrínseca no uso da água (EUA) (A/E) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ ], e se calculou, ainda, a eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (A/Ci) pela relação entre a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A) e a concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) [ $(\mu\text{mol, m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ] (KONRAD et al., 2005; RIBEIRO, 2006; MAGALHÃES-FILHO et al., 2008).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se, na Tabela 3, o resultado da análise de variância dos dados obtidos na avaliação das trocas gasosas das plantas, realizada aos 135 dias após a semeadura (DAS), época do término da primeira etapa do experimento de pesquisa, na Tabela 4, são apresentadas as médias resultantes do desdobramento da interação entre os fatores estresse salino (ES) e genótipo (GEN) nas variáveis, condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), eficiência intrínseca do uso da água (EUA) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de fotossíntese líquida (A), Eficiência intrínseca do uso da água (EUA = A/E), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), eficiência instantânea da carboxilação (EiC = A/Ci), em folhas de citros (GEN) irrigado sob níveis de salinidade. Campina Grande, 2011

FV	GL	Quadrado médio					
		gs	E	A	EUA (A/E)	Ci	EiC (A/Ci)
GENÓTIPOS (GEN)	9	0,016 *	0,917 *	14,403 **	0,478 <sup>ns</sup>	401,317 <sup>ns</sup>	0,0003 **
NÍVEL SALINO (NS)	1	0,193 **	1,493 <sup>ns</sup>	264,33 **	22,911 **	8,437 <sup>ns</sup>	0,0044 **
GEN * NS	9	0,012 <sup>ns</sup>	0,421 <sup>ns</sup>	17,60 **	0,927 **	503,206 <sup>ns</sup>	0,0004 **
BLOCO	2	0,057 **	0,844 <sup>ns</sup>	36,37 **	6,693 **	1249,962 *	0,0007 *
RESÍDUO	38	0,005	0,394	4,67	0,419	285,475	0,0001
CV (%)		39,19	21,43	22,44	19,84	7,23	23,49

n,s, = não significativo; \* e \*\* = significativo a 0,05 e 0,01 pelo teste F, respectivamente. F.V.: Fontes de variação

#### a) Condutância estomática (gs)

A condutância estomática (gs) é a medida do fluxo de água e do dióxido de carbono através do estômato, para dentro e para fora da célula, ou seja, é o inverso da resistência estomática.

Avaliando a condutância estomática isoladamente, observa-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) dos genótipos de citros e altamente significativo ( $p < 0,01$ ) dos

**Capítulo IV – Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino**

níveis de condutividade elétrica da água de irrigação sobre a condutância estomática; na interação entre os fatores genótipos de citros e níveis salino não houve influência significativa para esta variável (Tabela 3).

Observou-se que os genótipos de citros LCSTC (G5) e TSKC x TRENG - 256 (G6) apresentaram, quando irrigados com água potável (sem estresse salino) maiores valores médios de 0,450 e 0,385 ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) respectivamente, diferindo dos demais genótipos em relação à condutância estomática (Tabela 4). Explicam-se essas diferenças pelas próprias características genéticas dos genótipos que apresentaram diferença significativa de maneira isolada pelos genótipos de citros (Tabela 3).

**Tabela 4.** Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxerto de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para condutância estomática. Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	Condutância estomática (gs)		Redução (%)
	S.E. (0,5 dS m <sup>-1</sup> )	C.E.(2,4 dS m <sup>-1</sup> )	
CTSW (G18)	0,170bA	0,150aA	11,76
TSKC x TRENG – 264 (G16)	0,180 bA	0,120aA	33,33
TSKFL x CTTR – 013 (G13)	0,236 bA	0,180aA	23,73
TSKFL x LRM – 017 (G22)	0,215 bA	0,176aA	18,39
TSKC x (TR x LCR) –059 (G9)	0,200 bA	0,106aA	47,0
LVK -10 (G25)	0,235 aA	0,080aB	65,9
TSKC x CTTR - 025 (G17)	0,220 bA	0,096aA	56,36
TSKFL x CTTR – 017 (G12)	0,240 bA	0,190aA	20,8
TSKC x TRENG - 256 (G6)	0,385 aA	0,153aB	60,26
LCSTC (G5)	0,450 aA	0,150aB	66,67

Médias seguidas das mesmas letras na vertical não diferem entre genótipos de citros pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) e médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si em níveis de estresse salino pelo teste de Scott Knott ( $p < 0,05$ ). S.E.(Sem estresse): Cond. Elétrica = 0,5 dS m<sup>-1</sup> (controle); C.E. (Com estresse) = Cond. Elétrica = 2,4 dS m<sup>-1</sup>

A aplicação contínua de água com CEa 2,4 dS m<sup>-1</sup> reduziu a condutância estomática nos genótipos LCSTC (G5); TSKC x TRENG - 256 (G6) e LVK - 10 (G25) em percentual de 66, 60 e 65,9 %, respectivamente, quando irrigados no nível estresse salino (CE = 2,4 dS m<sup>-1</sup>) em relação à aplicação de água com CE = 0,5 dS m<sup>-1</sup>, demonstrando maior sensibilidade à salinidade da água (Tabela 4). Este fechamento parcial dos estômatos pode ser decorrente do efeito osmótico associado ao acúmulo de sais no solo e também da redução da condutividade hidráulica do sistema radicular, em função do aumento da suberização e lignificação dos tecidos vasculares das raízes de plantas sob estresse salino (NEVES et al., 2009). Mencionados resultados também corroboram com pesquisa realizada por Lloyd et al. (1987) que, em declínio no

## Capítulo IV– Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

---

potencial da água com o acúmulo de sais nas folhas de laranjeira Valência enxertadas tanto em tangerina Cleópatra como em *P. trifoliata*, observaram, redução do potencial osmótico, o que permitiu a manutenção da turgescência celular maior que a das plantas-controle. Apesar da manutenção do turgor celular pelo ajuste osmótico, a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e a condutância estomática foram reduzidas em proporções semelhantes, pela salinidade.

Verifica-se que os genótipos TSKFL x CTTR – 017 (G12), TSKFL x CTTR – 013 (G13), CTSW (G18) e TSKFL x LRM – 017 (G22) apresentaram menor percentual na condutância estomática, com redução de até 25% em relação aos outros genótipos estudados, em aplicação contínua de água com CEa 2,4 dS m<sup>-1</sup> em relação à aplicação de água com CE = 0,5 dS m<sup>-1</sup>, no entanto não diferiu entre níveis de aplicação de água salina (Tabela 4), mostrando tolerância à salinidade da água.

A condutância estomática está mais relacionada frequentemente ao *status* hídrico do solo que com o *status* hídrico da folha. A única parte que pode ser diretamente afetada pelo *status* hídrico do solo é o sistema de raízes. De fato, a desidratação de apenas parte do sistema de raízes pode causar fechamento estomático, mesmo que uma porção bem-hidratada desse sistema ainda libere grande quantidade de água para a parte aérea. Entender as influências negativas do ambiente sobre a condutância estomática (gs) tem sido foco central das pesquisas fisiológicas de plantas, há décadas, devido à relação entre gs e aquisição do carbono e, portanto, crescimento da planta (ADDINGTON et al., 2004).

### **b) Transpiração (E)**

Obtiveram-se, através da taxa transpiratória avaliada isoladamente diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para os genótipos de citros, diferença que ser atribuída às próprias características genéticas dos genótipos; no entanto, não houve efeito significativo dos níveis de condutividade da água de irrigação sobre as taxas de transpiração (Tabela 3).

As plantas do genótipo LVK – 10 (G25) apresentaram menores valores de taxas transpiratórias com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, ocorrendo decréscimo de 38 % entre as plantas que foram irrigadas com CEa 0,5 e 2,4 dS m<sup>-1</sup> e diferiu entre níveis de salinidade, demonstrando-se ser o genótipo mais sensível à

**Capítulo IV– Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino**

salinidade da água; os demais genótipos não diferiram quanto de aplicação de água salina e não salina (Tabela 5).

**Tabela 5.** Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxerto de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para a taxa de transpiração. Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	Taxa de Transpiração (E)	
	S.E. (0,5 dS m <sup>-1</sup> )	C.E. (2,4 dS m <sup>-1</sup> )
CTSW (G18)	2,600aA	3,000aA
TSKC x TRENG – 264 (G16)	2,500aA	2,616aA
TSKFL x CTTR – 013 (G13)	3,083aA	3,220aA
TSKFL x LRM – 017 (G22)	3,540aA	3,386aA
TSKC x (TR x LCR) –059 (G9)	2,575aA	2,246aA
LVK -10 (G25)	3,045aA	1,910aB
TSKC x CTTR - 025 (G17)	3,135aA	2,170aA
TSKFL x CTTR – 017 (G12)	3,420aA	3,573aA
TSKC x TRENG - 256 (G6)	3,425aA	2,773aA
LCSTC (G5)	3,555 aA	2,826aA

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na vertical não diferem entre genótipos de citros pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) e médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na horizontal diferem entre si em níveis de estresse salino pelo teste de Scott Knott ( $p < 0,05$ ). S.E.(Sem estresse): Cond. Elétrica = 0,5 dS m<sup>-1</sup> (controle); C.E. (Com estresse) = Cond. Elétrica = 2,4 dS m<sup>-1</sup>

**c) Taxa de fotossíntese líquida (A)**

Observa-se, na Tabela 3, efeito significativo ( $p < 0,01$ ) dos genótipos de citros, dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e da interação entre esses fatores mencionados sobre a taxa de fotossíntese líquida.

Os genótipos de porta-enxertos LCSTC (G5), TSKC x TRENG - 256 (G6), TSKC x (TR x LCR) –059 (G9), TSKC x CTTR - 025 (G17) e LVK -10 (G25) foram mais sensíveis a salinidade e o TSKFL x CTTR – 017 (G12), TSKFL x CTTR – 013 (G13) e TSKFL x LRM – 017 (G22) foram mais tolerantes; ambos em aplicação contínua de água salina de 2,4 dS m<sup>-1</sup> em relação à aplicação de 0,5 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 6).

A redução na taxa de fotossíntese foi de baixa expressão com o estresse salino (Tabela 6), como também encontrado em trabalho de Souza et al. (2012) na cultura de pinhão manso e conforme Lacerda et al. (2006) relata que a redução na expansão celular antecede a inibição do processo fotossintético pela salinidade. A redução da fotossíntese em função da salinidade decorre do fechamento estomático e da inibição na atividade de fixação do carbono fotossintético (HEUER, 1997).

A redução da taxa fotossintética também está diretamente relacionada com a condutância estomática, que restringe a disponibilidade de CO<sub>2</sub> para reações de

**Capítulo IV – Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino**

carboxilação (BRUGNOLI & BJORKMAN, 1992). O fechamento dos estômatos minimiza a perda de água pela transpiração afetando as funções do cloroplasto (IYENGAR & REDDY 1996). O fechamento de estômatos afeta a capacidade fotossintética, dependendo da magnitude da pressão parcial do CO<sub>2</sub> dentro da folha. Existem, também, estudos da inibição não ligada aos estômatos da fotossíntese sobre condições de salinidade. Esta inibição é devida ao aumento da resistência à difusão de CO<sub>2</sub> na fase líquida do mesófilo, levando à redução da eficiência ribulose bifosfato carboxilase (IYENGAR & REDDY, 1996).

**Tabela 6.** Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para a taxa de fotossíntese líquida (A). Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	Taxa de fotossíntese líquida (A)		Redução (%)
	S.E. (0,5 dS m <sup>-1</sup> )	C.E. (2,4 dS m <sup>-1</sup> )	
CTSW (G18)	9,100bA	7,770bA	14,6
TSKC x TRENG – 264 (G16)	9,515bA	6,100bA	35,9
TSKFL x CTTR – 013 (G13)	10,730bA	9,466 aA	11,8
TSKFL x LRM – 017 (G22)	10,830bA	10,083aA	6,9
TSKC x (TR x LCR) –059 (G9)	11,125bA	6,610 bB	40,6
LVK -10 (G25)	11,680bA	3,616 bB	69
TSKC x CTTR - 025 (G17)	11,735bA	5,450 bB	53,5
TSKFL x CTTR – 017 (G12)	12,085bA	11,486 aA	4,95
TSKC x TRENG - 256 (G6)	13,505aA	8,520 aB	36,9
LCSTC (G5)	16,970aA	6,193 bB	63

Médias seguidas das mesmas letras na vertical não diferem entre genótipos de citros, pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) e médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si em níveis de estresse salino, pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). S.E.(Sem estresse): Cond. Elétrica = 0,5 dS m<sup>-1</sup> (controle); C.E. (Com estresse) = Cond. Elétrica = 2,4 dSm<sup>-1</sup>

**d) Eficiência do uso da água (EUA = A/E)**

A eficiência das plantas em moderar a perda de água ao mesmo tempo em que permitem absorção suficiente de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese, pode ser avaliada por um parâmetro denominado razão de transpiração. Este valor é definido como a quantidade de água transpirada pela planta dividida pela quantidade de dióxido de carbono assimilado pela fotossíntese. Plantas com uma razão de transpiração de 500 têm uma eficiência no uso da água de 1/500 ou 0,002, ou seja, cerca de 500 moléculas de água são perdidas para cada molécula de CO<sub>2</sub> fixada pela fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2009).

## Capítulo IV– Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

Verifica-se, na Tabela 3, que não houve efeito significativo dos genótipos de citros sobre a eficiência do uso da água; no entanto, os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e a interação entre esses fatores mencionados, foram significativos ( $p < 0,01$ ) sobre a eficiência do uso da água.

Em aplicação contínua de água salina de  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  em relação à aplicação de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$  foram mais sensíveis os genótipos de porta-enxertos LCSTC (G5), TSKC x TRENG - 256 (G6), TSKC x (TR x LCR) -059 (G9), TSKC x TRENG - 264 (G16), TSKC x CTTR - 025 (G17), CTSW (G18) e LVK -10 (G25) e mais tolerantes os genótipos TSKFL x CTTR - 017 (G12), TSKFL x CTTR - 013 (G13) e TSKFL x LRM 017 (G22) na variável eficiência do uso da água (A/E).

**Tabela 7.** Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para a Eficiência do uso da água (A/E). Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	Eficiência do uso da água (EUA = A/E)	
	S.E. ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ )	C.E. ( $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ )
CTSW (G18)	3,415aA	2,552aB
TSKC x TRENG - 264 (G16)	3,837aA	2,336aB
TSKFL x CTTR - 013 (G13)	3,793aA	2,897aA
TSKFL x LRM - 017 (G22)	3,103aA	2,984aA
TSKC x (TR x LCR) -059 (G9)	4,522aA	2,968aB
LVK -10 (G25)	3,841 aA	1,846aB
TSKC x CTTR - 025 (G17)	3,826 aA	2,540aB
TSKFL x CTTR - 017 (G12)	3,553 aA	3,222aA
TSKC x TRENG - 256 (G6)	3,999 aA	2,986aA
LCSTC (G5)	4,926 aA	2,126aA

Médias seguidas das mesmas letras na vertical não diferem entre genótipos de citros pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) e médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si em níveis de estresse salino pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). S.E.(Sem estresse): Cond. Elétrica =  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$  (controle); C.E. (Com estresse) = Cond. Elétrica =  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$

### e) Concentração interna de $\text{CO}_2$ (Ci)

A concentração interna de  $\text{CO}_2$  ou concentração de  $\text{CO}_2$  na câmara subestomática (Ci), não apresentou efeito significativo algum em função dos genótipos, dos níveis salinos, nem na interação entre esses dois fatores (Tabela 6).

Constata-se que os valores médios da concentração interna de  $\text{CO}_2$  dos genótipos de citros e dos níveis de salinidade se mantiveram relativamente constante em termos de

**Capítulo IV– Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino**

significância estatística, conforme se menciona Farquhar e Sharkey (1982) que, como os estômatos regulam a concentração subestomática de CO<sub>2</sub> durante as trocas gasosas, o Ci se mantém relativamente constante. Ressalte-se ainda que concentração interna de CO<sub>2</sub> com referência a este estudo estão na faixa de normalidade (Tabela 8), pois conforme menciona Mattos Junior et al. (2005) em plantas de citros, esses valores situam-se em torno de 200 e 250 μmol mol<sup>-1</sup>.

**Tabela 8.** Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para a Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci). Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	Concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci)	
	S.E. (0,5 dS m <sup>-1</sup> )	C.E.(2,4 dS m <sup>-1</sup> )
CTSW (G18)	231,0aA	241,7aA
TSKC x TRENG – 264 (G16)	232,5aA	243,3aA
TSKFL x CTTR – 013 (G13)	244,0aA	228,7aA
TSKFL x LRM – 017 (G22)	237,0aA	223,7aA
TSKC x (TR x LCR) –059 (G9)	226,0aA	218,7aA
LVK -10 (G25)	231,5 aA	260,7aA
TSKC x CTTR - 025 (G17)	228,5 aA	229,7aA
TSKFL x CTTR – 017 (G12)	230,0 aA	211,7aA
TSKC x TRENG - 256 (G6)	243,0 aA	224,7aA
LCSTC (G5)	229,0 aA	257,3aA

Médias seguidas das mesmas letras na vertical não diferem entre genótipos de citros, pelo teste de Scott-Knott (p<0,05) e médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si em níveis de estresse salino, pelo teste de Scott Knott (p<0,05). S.E.(Sem estresse): Cond. Elétrica = 0,5 dS m<sup>-1</sup> (controle); C.E. (Com estresse) = Cond. Elétrica = 2,4 dSm<sup>-1</sup>

**f) Eficiência instantânea da carboxilação (EiC: A/Ci)**

A eficiência na carboxilação, dada pela relação entre a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e a concentração de CO<sub>2</sub> intercelular (A/Ci), é uma forma de se estudar os fatores não estomáticos que interferem na taxa fotossintética (KONRAD et al., 2005; MACHADO et al., 2005).

Verifica-se, na Tabela 3, efeito significativo (p<0,01) dos genótipos de citros, dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e da interação entre esses fatores mencionados sobre a eficiência instantânea da carboxilação (EiC).

Em referência a variável Eficiência instantânea da carboxilação (EiC: A/Ci), constatou-se maior sensibilidade à salinidade os genótipos LCSTC (G5), TSKC x

**Capítulo IV – Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino**

TRENG - 256 (G6), TSKC x (TR x LCR) -059 (G9), TSKC x CTTR - 025 (G17) e LVK -10 (G25), que apresentaram diferença significativa entre níveis de água salina, no entanto, os genótipos TSKFL x CTTR - 017 (G12), TSKC x TRENG - 264 (G16) , TSKFL x CTTR - 013 (G13), CTSW (G18) e TSKFL x LRM 017 (G22) não diferiram com a aplicação de água salina e não salina (Tabela 9), mostrando-se mecanismo de tolerância à salinidade da água.

**Tabela 9.** Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para Eficiência instantânea da carboxilação (*EiC: A/Ci*). Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	Eficiência instantânea da carboxilação ( <i>EiC: A/Ci</i> )	
	S.E. (0,5 dS m <sup>-1</sup> )	C.E. (2,4 dS m <sup>-1</sup> )
CTSW (G18)	0,039aA	0,034 aA
TSKC x TRENG - 264 (G16)	0,040aA	0,025 bA
TSKFL x CTTR - 013 (G13)	0,044aA	0,041 aA
TSKFL x LRM - 017 (G22)	0,046aA	0,045 aA
TSKC x (TR x LCR) -059 (G9)	0,049aA	0,030bB
LVK -10 (G25)	0,050aA	0,014bB
TSKC x CTTR - 025 (G17)	0,051aA	0,023bB
TSKFL x CTTR - 017 (G12)	0,053aA	0,054aA
TSKC x TRENG - 256 (G6)	0,055aA	0,038aB
LCSTC (G5)	0,074aA	0,025bB

Médias seguidas das mesmas letras na vertical não diferem entre genótipos de citros pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) e médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si em níveis de estresse salino pelo teste de Scott Knott ( $p < 0,05$ ). S.E.(Sem estresse): Cond. Elétrica = 0,5 dS m<sup>-1</sup> (controle); C.E. (Com estresse) = Cond. Elétrica = 2,4 dSm<sup>-1</sup>

#### 4. CONCLUSÕES

1. A aplicação contínua de água com CEa de  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  reduz a condutância estomática, a transpiração, a taxa fotossintética líquida, a eficiência do uso da água e a eficiência instantânea da carboxilação em relação à aplicação de água potável (CEa de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ).
2. Os genótipos de porta-enxertos LCSTC (G5), TSKC x TRENG - 256 (G6) e LVK 10 (G25) foram mais sensíveis ao estresse salino com CEa de  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  em função da condutância estomática.
3. Os genótipos de porta-enxertos LCSTC (G5), TSKC x TRENG - 256 (G6), TSKC x (TR x LCR) 059 (G9), TSKC x CTTR 025 (G17) e LVK 10 (G25), apresentaram maior sensibilidade à salinidade da água nas variáveis Eficiência instantânea da carboxilação (*EiC*), Eficiência do uso da água (A/E) e Taxa de fotossíntese líquida (A) em aplicação contínua de água com CEa de  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  em relação à aplicação de água potável (CEa de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ).
4. Os genótipos de porta-enxertos TSKFL x CTTR – 017 (G12), TSKFL x CTTR 013 (G13) e TSKFL x LRM – 017 (G22) mostraram-se mecanismos de tolerância à salinidade da água nas variáveis Eficiência instantânea da carboxilação (*EiC*), Eficiência do uso da água (A/E) e Taxa de fotossíntese líquida (A) em aplicação contínua de água com CEa de  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  em relação à aplicação de água potável (CEa de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ).
5. As plantas do genótipo de citros LVK - 10 (G25) apresentaram redução nas taxas transpiratórias com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.
6. A estratégia de uso de água salina em genótipos de porta-enxertos de citros tolerantes contribui para reduzir o uso de água de boa qualidade durante a formação de genótipos de porta-enxertos de citros.

## 5. REFERÊNCIAS

ADDINGTON, R.N.; MITCHELL, R. J.; OREN, R.; DONOVAN, L. A. Stomatal sensitivity to vapor pressure deficit and its relationship to hydraulic conductance in *Pinus palustris*. **Tree Physiology**. Victoria, v.24, p.561-569, 2004.

BEZERRA, M, A.; OLIVEIRA, R, A.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fotossíntese de plantas de cajueiro-anão precoce submetidas ao estresse salino. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v, 47, p. 149-152, 2003.

BRUGNOLI, E.; BJORKMAN, O. 1992. **Growth of cotton under continuous salinity stress: influence on allocation pattern, stomatal and nonstomatal components of photosynthesis and dissipation of excess light energy**. *Planta*, 187: 335–347.

COWAN, I.R. **Stomatal behaviour and environment**. *Adv. Bot. Res.*, v.4, p.117-228, 1977.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. 1997. 212p.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 33, p. 317-345, 1982.

GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; BATISTA, M. A. F. **Prevenção, manejo e recuperação de solos salinos e sódicos**. Mossoró: ESAM, 1991. 70 p.

GULZAR, S.; KHAN, M.A.; UNGAR, I.A. 2003. Salt Tolerance of a coastal salt marsh grass. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, 34: 2595 – 2605.

#### Capítulo IV– Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

---

HEUER, B. Photosynthetic carbon metabolism of crops under salt stress. In: PESSARAKLI, M. (Ed). **Handbook of photosynthesis**. New York: Marcel Dekker, 1997. p. 887-896.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**, 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: nov. 2010.

KHAVARINEJAD, R.A. ; CHAPARZADEH, N. 1998. The effects of NaCl and CaCl<sub>2</sub> on photosynthesis and growth of alfafa plants. *Photosynthetica*, 35: 461-466.

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 339-347, 2005.

LACERDA, C. F.; ASSIS JÚNIOR, J. O.; LEMOS FILHO, L. C. A.; GUIMARÃES, F. V. A.; OLIVEIRA, T. S.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T.; BEZERRA, M. A. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.18, p. 455-465, 2006.

LEPRUN, J. C. Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste. In: **Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste Brasileiro**. Recife: SUDENE, 1983. p. 91-149.

LLOYD, J.; KRIEDMANN, P.E.; SYVERTSEN, J.P. Gas exchange, water relations and ion concentration of leaves on salt stressed 'Valencia' orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. Aust. **J. Plant Physiol.**, v.14, p.387-396, 1987.

MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p.1161-1170, 2005.

#### Capítulo IV– Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino

---

MAGALHÃES, A.F. de J. Adubação de plantas cítricas sob telado. Agronline.com. br. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=401>>. Acesso em: 20 de maio de 2011.

MAGALHÃES FILHO, J.R.; AMARAL, L.R.; MACHADO, D.F.S.P.; MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira ‘valência’ sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n.1, p. 75-82, 2008.

MANTELL, A. Water use efficiency of citrus: room for improvement. Proc. Int. Soc. **Citriculture**, v.1, p.74-79, 1977.

MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros C498** Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005, 929p.

MEDEIROS, J.F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos estados do RN, PB e CE**. Campina Grande, Dissertação (Mestrado), 1992. 137p. Universidade Federal da Paraíba.

MEDINA, C.L. Fisiologia dos citros. Cap. 7, p. 167. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros C498** Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. 929p.

MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C.; GOMES, M.M.A. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranjeiras ‘Valência’ sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**, v.11, p.29-34, 1999.

NEVES, A. L. R. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão de corda irrigado com água salina em diferentes estádios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 13, suplemento, p. 873-881, 2009.

**Capítulo IV– Trocas gasosas em genótipos de porta-enxertos de citros em condições de estresse salino**

---

PEARCY, R. W. ; PFITSCH, W. A. Influence of sunflecks on the  $\delta^{13}C$  of *Adenocaulo bicolor* plants occurring in contrasting forest understory microsites. **Oecologia**, Heidelberg, v.86, p. 457-462, 1991.

RICHARDS, L.A. (ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954, 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

SAIRAM, R. K.; TYAGI, A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. **Current Science**, v. 86, n. 3, p. 407-421, 2004.

SOUSA, A. E. C.; LACERDA, C.F. de.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; UYEDA, C. A. Teores de nutrientes foliares e respostas fisiológicas em pinhão manso submetido a estresse salino e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, p. 144-152, 2012.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 338-342, 2000.

TAIZ, T.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4ª ed, Porto Alegre: ArtMed, 2009. 828p.

VIÉGAS, R. A. et al. Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 216-222, 2001.

IYENGAR, E.R.R. & REDDY, M.P. 1996. Photosynthesis in highly salt tolerant plants. Pp: 897–909. In: M. Pesserkali (ed.). Handbook of photosynthesis. **Marshall Dekar**, Baten Rose, USA. 952 p.

### RESUMO

A capacidade de adaptação de plantas permite a seleção de genótipos mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, mesmo quando não se consegue manter a salinidade do solo abaixo do nível de tolerância da maioria das plantas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a tolerância de genótipos de porta-enxertos de citros considerando-se as variáveis de fitomassa seca da planta e os critérios de classificação quanto à tolerância à salinidade. O experimento foi conduzido em casa de vegetação adotando-se um delineamento em blocos casualizados, com três repetições, combinando-se onze genótipos de porta-enxertos de citros LCSTC (G5), TSKC x TRENG- 256 (G6), TSKC x (TR x LCR) -059 (G9), TSKFL x CTTR - 013 (G13), TSKC x TRENG - 264 (G16), TSKC x CTTR - 025 (G17), LVK - 10 (G25), TSKFL x CTTR - 017 (G12), CTSW (G18), TSKFL x LRM - 017 (G22) e LVK x LCR (G15) e três níveis de salinidade da água de irrigação - CEa (0,5; 2,4 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>) aplicados esses níveis em dois períodos de crescimento das plantas nos mesmos genótipos já citados, sendo período I, dos 60 aos 135 dias após a semeadura (DAS) irrigados com os níveis de salinidade, CEa = 0,5 e 2,4 dS m<sup>-1</sup>, e o período II, dos 136 aos 210 dias após semeadura, com os níveis de sais, CEa = 0,5 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>. As plantas foram cultivadas em tubetes com capacidade volumétrica de 288 mL, a parcela constou de 15 plantas úteis de cada genótipo, nas unidades experimentais. Avaliaram-se todas as variáveis de fitomassa: total (FST), da parte aérea (FSPA), da folha (FSF), do caule (FSC), da raiz (FSR), relação raiz/parte aérea (R/PA) e razão de peso foliar (RPF) e classificação dos genótipos quanto à salinidade da água de irrigação e análise estatística pelo programa sisvar; concluiu-se, assim, que a salinidade da água de irrigação promoveu redução nas variáveis de produção de fitomassa seca. Os genótipos de porta-enxertos de citros analisados quanto à tolerância à salinidade da água de irrigação pelo critério do rendimento relativo da fitomassa total, TSKC x CTTR - 025 (G17), LVK - 10 (G25), TSKFL x CTTR - 017 (G12) e TSKFL x LRM - 017 (G22) foram classificados moderadamente tolerantes e os genótipos TSKC x TRENG (G6), TSKC x TRENG- 264 (G16), TSKFL x CTTR - 013 (G13), TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9) e CTSW (G18) moderadamente sensíveis.

**Palavras-chaves:** *Citrus* spp, estresse salino, fitomassa seca

**PRODUCTION OF BIOMASS IN CITRUS GENOTYPES OF ROOTSTOCKS  
UNDER SALINE STRESS**

**ABSTRACT**

The adaptability of plants enables the selection of more tolerant genotypes and is able to produce economically acceptable earnings, even when one is not able to maintain soil salinity below the tolerance level of most plants. The objective of this study was to evaluate the tolerance of genotypes of rootstock considering the variables of dry biomass of the plant and the classification criteria for tolerance to salinity. The experiment was conducted in a greenhouse adopting a randomized block design with three repetitions, combining three salinity levels of irrigation water - CEa (0.5, 2.4 and 4.0 dS m<sup>-1</sup>) analyzed two by two (0.5 and 2.4 dS m<sup>-1</sup>), evaluated in period I, from 60 to 135 days after seeding (0.5 and 4.0 dS m<sup>-1</sup>) and in the period II, from 136 to 210 days after seeding; and eleven genotypes of rootstock (LCSTC (G5); TSKC x TRENG 256 (G6); TSKC x (TR x LCR) -059 (G9); TSKFL x CTTR - 013 (G13); TSKC x TRENG - 264(G16); TSKC x CTTR - 025 (G17); LVK - 10 (G25); TSKFL x CTTR - 017 (G12); CTSW (G18); TSKFL x LRM - 017 (G22) and LVK x LCR (G15). The plants were grown in tubes with volumetric capacity of 288 mL, the plot consisted of 15 useful plants of each genotype, in experimental units. All biomass variables were evaluated: total (FST), aerial part (FSPA), leaf (FSF), stem (FSC), root (FSR), relation of root/aerial part (R/PA), leaf weight ratio (RPF) and classification of genotypes for salinity of irrigation water and statistical analysis by the program Sisvar; it is concluded, therefore, that the salinity of irrigation water at levels of 2.4 and 4.0 dS m<sup>-1</sup>, promoted reduction on the variables of production of dry biomass. The genotypes of rootstock analyzed regarding salinity tolerance of irrigation water, by the relative earning criterion of total biomass, TSKC TTSKC x CTTR - 025 (G17), LVK - 10 (G25), TSKFL x CTTR- 017 (G12) and TSKFL x LRM- 017 (G22) were classified as moderately tolerant and the genotypes TSKC x TRENG (G6), TSKC x TRENG- 264 (G16), TSKFL x CTTR - 013 (G13), TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9) and CTSW - (G18) as moderately sensitive.

**Keywords:** *Citrus* spp, saline stress, dry biomass

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente, o maior produtor mundial de citros, seguido pelos Estados Unidos. A cultura encontra-se disseminada por todo o território nacional, com grande importância econômica e social para diversos estados onde se situa entre as dez principais culturas: São Paulo, Sergipe, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia.

Apesar da posição de destaque do Brasil na produção mundial de citros e na produção e exportação de suco concentrado congelado de laranja, deve-se considerar a grande diversificação agroclimática do país e suas condições particulares de cultivo, onde se verifica desde a ocorrência de geadas ocasionais ou frequentes até estresses hídricos ou térmicos e ocorrência de solos salinos (CERQUEIRA et al., 2004), devendo-se destacar, com isto, a importância da utilização de porta-enxertos tolerantes à seca e à salinidade, já que são fatores abióticos que limitam a produção, especificamente na região Nordeste, em virtude das suas irregularidades climáticas, quando ocorrem alta taxa de evapotranspiração e pluviosidade insuficiente para uma lavagem adequada dos sais, favorecendo a salinização dos solos irrigados.

Para obtenção de maiores níveis de rendimento, os citricultores precisam usar a irrigação porém um dos problemas da região é a qualidade da água de poços, açudes e rios, nem sempre adequada ao crescimento normal das plantas cítricas, sobretudo pela concentração relativamente alta de sais (SUASSUNA & AUDRY, 1995).

Algumas culturas produzem rendimentos satisfatórios em altos níveis de salinidade no solo enquanto outras são sensíveis em níveis relativamente baixos; esta diferença se deve à maior capacidade de adaptação osmótica de algumas culturas, o que as permite absorver, mesmo em condições salinas, suficiente quantidade de água (AYRES & WESTCOT, 1999). Acrescente-se ainda que, além de haver diferenças de tolerância entre espécies e entre cultivares dentro de um mesmo genótipo pode, também, existir diferença entre fases fenológicas; espécies consideradas tolerantes nas últimas fases fenológicas podem ser sensivelmente afetadas pelos sais, durante a germinação e vice-versa (AYRES & WESTCOT, 1999).

Porta-enxertos com boa tolerância ao estresse salino podem viabilizar o uso de água de baixa qualidade e de solos salinos, principalmente na região Nordeste onde, a exemplo do que se dá na citricultura brasileira predomina a utilização do limoeiro Cravo (*Citrus limonia* Osbeck), independente da condição de clima e solo e das cultivares-

## Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino

---

copa utilizadas. Embora esta preferência seja compreensível, já que as características do Cravo satisfazem tanto aos viveiristas quanto aos citricultores, é evidente o risco de surgimento de doenças e de distúrbios de outra natureza, como estresse salino, originando prejuízos imensuráveis à citricultura, como identificado por Singh et al., (2003).

O estresse salino tem mostrado prejudicar o desenvolvimento de plantas (HERNANDEZ et al., 1995; CHERIAN et al., 1999; TAKEMURA et al., 2000), através da redução na expansão da superfície foliar e considerável diminuição de biomassa fresca e seca de folhas e raízes (HERNANDEZ et al., 1995). O incremento da salinidade é acompanhado de reduções significativas em peso da parte aérea, altura da planta, número de folhas por planta, comprimento de raízes por planta (MOHAMMAD et al., 1998).

A capacidade de adaptação permite a seleção de genótipos mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, mesmo quando não se consegue manter a salinidade do solo abaixo do nível de tolerância da maioria das plantas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a tolerância de genótipos de porta-enxertos de citros ao estresse salino, considerando-se a produção de fitomassa da planta.

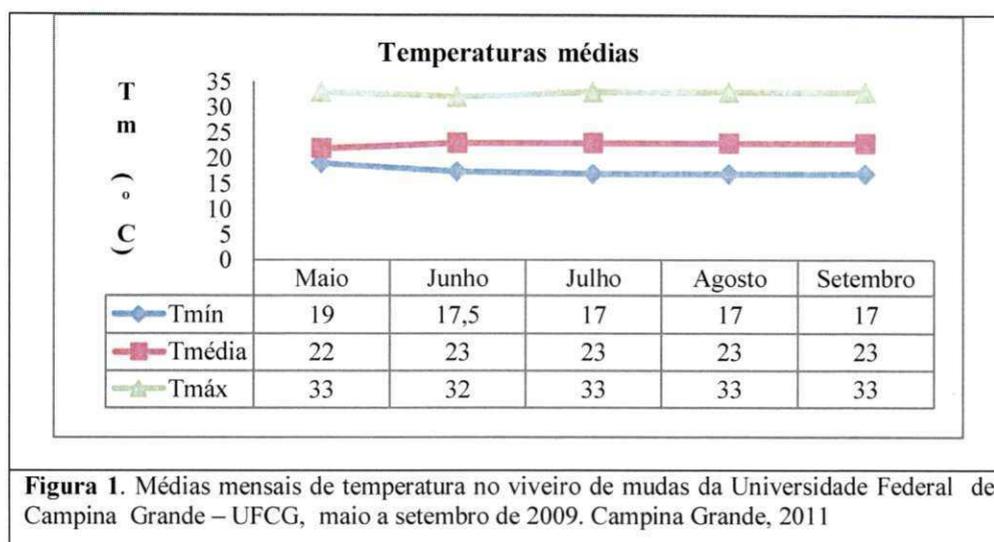
### 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN da UFCG, município de Campina Grande, Estado da Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 7° 15' 18 " de latitude S e 35 ° 52' 28 " de longitude W, a uma altitude de 550 m, no período de março a dezembro de 2009.

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (viveiro de mudas) com cobertura plástica com filme de polietileno transparente com 150µ de espessura, tratados contra raios ultravioletas.

Diariamente foi monitorado, no horário da irrigação (entre 08h00min. e 09h00min. da manhã), a temperatura no viveiro, através de um termômetro analógico afixado no local.

## Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino



Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 10, com 3 repetições, sendo o primeiro fator formado de 3 níveis de salinidade da água de irrigação - CEa (0,5; 2,4 e 4,0 dS m<sup>-1</sup> a 25 °C), analisados dois a dois, ou seja, CEa (0,5 e 2,4 dS m<sup>-1</sup>), realizado no Período I - de 60 aos 135 dias após a semeadura, e CEa (0,5 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>), realizado no Período II - de 136 aos 210 dias após semeadura ( DAS), a parcela experimental constou de 15 plantas úteis de cada genótipo, nas unidades experimentais. O fator genótipo foi constituído de 10 genótipos de porta-enxertos de citros (variedades e híbridos), descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Genótipos de porta-enxertos (híbridos e variedades) de citros, utilizados no experimento. Campina Grande, PB, 2011

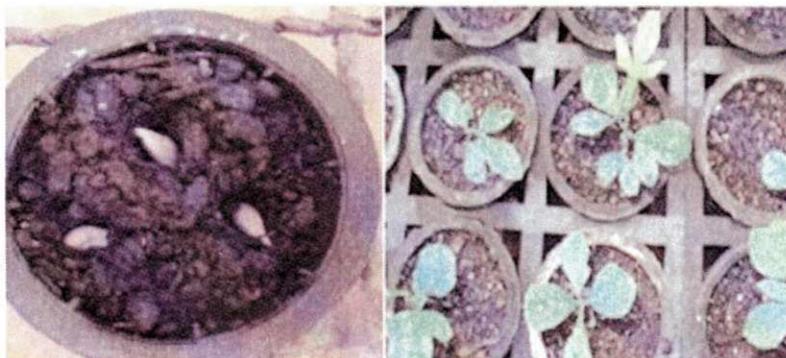
Nº	GENÓTIPOS DE PORTA-ENXERTOS
1	LCSTC (Limoeiro Cravo Santa Cruz) (G5)
2	TSKC (Tangerina Sunki Comum) x (TR x LCR) (Ponfirus Trifoliata x Limão Cravo)–059 (G9)
3	TSKFL (Tangerina Sunki da Flórida) x CTTR (Citrange Troyer) – 013 (G13)
4	TSKC (Tangerina Sunki Comum) x TRENG (Ponfirus Trifoliata English) – 264 (G16)
5	TSKC (Tangerina Sunki Comum) x CTTR (Citrange Troyer) – 025 (G17)
6	LVK (Limão Volkameriano – 10 ) (G25)
7	TSKFL (Tangerina Sunki da Flórida) x CTTR (Citrange Troyer) – 017 (G12)
8	CTSW (Citrumelo Swingle) (G18)
9	TSKFL (Tangerina Sunki da Flórida) x LRM (Limoeiro Rugoso Mazoel)– 017 (G22)
10	TSKC (Tangerina Sunki Comum) x TRENG (Ponfirus Trifoliata English) – 256 (G6)

As águas de irrigação foram preparadas obtendo-se uma proporção equivalente de 7:2:1 respectivamente entre Na:Ca:Mg, a partir dos sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e

## Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino

MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, relação esta predominante em fontes de água utilizada para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste (LEPRUN, 1983; MEDEIROS, 1992). Para o preparo das águas com as devidas condutividades elétricas (CE), os sais foram pesados conforme tratamento, adicionando-se águas, até ser atingido o nível desejado de CE, conferindo-se os valores com um condutivímetro portátil.

As sementes foram fornecidas pelo programa de pesquisa de Citricultura da EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura Tropical, em Cruz das Almas, pelo pesquisador Dr. Walter dos Santos Soares Filho. A sementeira foi realizada em tubetes com capacidade volumétrica de 288 mL, utilizando-se 3 sementes por tubete em que, após emergência, foram eliminadas as plântulas poliembriônicas; realizou-se, também, a repicagem, deixando-se sempre uma plântula por tubete (Figura 2)



**Figura 2.** Semeadura e Repicagem

Os tubetes foram preenchidos com substrato, compostos de 1 parte de solo de textura média + 1 parte de substrato comercial, à base de casca de pinus e vermiculita, conforme características químicas descrita na Tabela 2, cuja análise química foi realizada pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do DEAG da UFCG.

**Tabela 2.** Características químicas do substrato utilizado na produção de porta-enxertos de genótipos cítricos. Campina Grande, PB, 2011

H+ Al	Ca	Mg	K	Na	T	V
2,11	-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----		0,14	2,56	11,58	81,7
<b>pH</b>	<b>CEes</b>	<b>C. Ca. Q.</b>	<b>C.O.</b>	<b>M.O.</b>	<b>N</b>	<b>F.A.</b>
(H <sub>2</sub> O)	(dS m <sup>-1</sup> )			-----%-----		mg 100 g <sup>-1</sup>
6,84	1,55	Ausente	0,64	1,10	0,06	4,86

Determinações realizadas segundo metodologia da EMBRAPA (2007) e Richard (1954)

## Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino

---

Na fase de emergência e crescimento inicial das plantas, ou seja, até 60 dias após a semeadura (DAS), a irrigação foi realizada com regador manual utilizando-se água de abastecimento, duas vezes ao dia, para manter a umidade do substrato próximo a capacidade de campo, ficando geralmente em torno de 20 mL por tubetes para cada evento de irrigação.

Para se estimar o teor de água correspondente a umidade em capacidade de campo no substrato, foram amostrados, aleatoriamente, cinco tubetes contendo substrato, obtendo-se o peso do conjunto tubetes + substrato seco, após secagem ao ar livre; em seguida, eles foram colocados em recipiente com água para saturação, aguardando-se o tempo necessário para a água subir até a superfície do substrato por ascensão capilar; neste momento, foram retirados e, após o escoamento e drenagem natural, quantificou-se o peso do conjunto tubetes + substrato úmido. Pela diferença entre as duas pesagem obteve-se, o conteúdo hídrico retido pelo substrato, correspondente ao da capacidade de campo utilizado no manejo das irrigações (SOUZA et al., 2000). Após 60 dias da semeadura (DAS), o manejo da irrigação foi monitorado diariamente sendo que, para os tratamentos controle, sem estresse salino, os genótipos foram irrigados com volume obtido, conforme descrito por Souza et al. (2000), ou seja, 20 mL. Nos tratamentos com estresse salino, foi pesada diariamente uma planta de cada genótipo obtendo-se, em média, o volume em gramas; quando a diferença entre essas médias ultrapassava 10 mL, procedia-se a irrigação; a densidade da água considerada foi  $1 \text{ g cm}^{-3}$ .

Realizaram-se adubações de cobertura com nitrogênio, fósforo, potássio (10 mL por planta da solução (10 g de MAP + 5 g de Nitrato de Potássio) e micronutrientes, aplicando-se via foliar (1 g de Albatroz por litro de água), segundo a recomendação de adubação em citros sob telado (MAGALHÃES, 2011). Os tratos culturais foram repicagem de plântulas, escarificação do substrato, eliminação de brotações laterais e de plantas poliembrionicas.

### **Variáveis analisadas:**

#### **✓ Variáveis de fitomassa seca**

Por ocasião da coleta das plantas, realizou-se a separação das raízes, folhas e caules, os quais foram acondicionados em sacos de papel perfurados e colocados em estufa a  $65^{\circ}\text{C}$ , para secagem até peso constante; em seguida, procedeu-se à pesagem desse material,

## Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino

obtendo-se a fitomassa seca da raiz (FSR), caule (FSC) e folhas (FSF), cujo somatório resultou na fitomassa total (FST). Com o somatório da fitomassa dos caules e folhas obteve-se a fitomassa da parte aérea (FSPA).

Por meio da relação entre a Fitomassa da parte aérea e a Fitomassa da raiz obtém-se a relação Raiz/parte aérea (R/PA) (BENINCASA, 2003).

$$R / PA = \frac{FSR}{FSPA} \quad (\text{g g}^{-1}) \quad \text{em que:}$$

FSR = Fitomassa da raiz ( g )

FSPA = Fitomassa da parte aérea ( g )

A Razão Peso Foliar será obtida pelo quociente entre a fitomassa foliar e a fitomassa total produzida em cada planta (BENINCASA, 2003).

$$RPF = \frac{FSF}{FST} \quad (\text{g g}^{-1}) \quad \text{em que:}$$

FSF = Fitomassa das folhas (g)

FST = Fitomassa total ( g )

### ✓ Classificação dos genótipos

Adotaram-se dois critérios para avaliação dos genótipos quanto à tolerância ao estresse salino: critério de sobrevivência em condições de estresse e critério de rendimento relativo, classificando-os em diferentes graus de tolerância, com base na redução de fitomassa total -  $FST = FSR + FSC + FSF$ , adaptando-se o procedimento encontrado em Fageria & Gheyi (1997), para rendimento de cultura quanto a tolerância à salinidade.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, na Tabela 3, que os genótipos de porta-enxertos de citros e os níveis salinos analisados separadamente, apresentaram diferença significativa pelo teste F ( $p < 0,01$ ) nas variáveis de fitomassa total (FST), da parte aérea (FSPA), da folha (FSF) do caule (FSC), da raiz (FSR), relação raiz/parte aérea (R/PA) e razão de peso foliar (RPF).

**Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino**

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para as variáveis: fitomassa total (FST), da parte aérea (FSPA), da folha (FSF) do caule (FSC), da raiz (FSR), relação raiz/parte aérea (R/PA) e razão de peso foliar (RPF), em genótipos de porta-enxertos de citros (GEN) sob estresse salino. Campina Grande, 2011

FV	GL	Quadrado médio						
		FST	FSPA	FSF	FSC	FSR	R/PA	RPF
Genótipos (GEN)	9	0,697**	0,615**	0,699**	0,062**	0,276**	0,091**	0,031**
Nível salino (NS)	2	40,239**	15,442	3,675**	0,049**	5,826**	0,076**	0,048**
GEN * NS	9	0,523**	0,210**	0,115**	0,062**	0,163**	0,020*	0,054 <sup>ns</sup>
Bloco	2	0,238 <sup>ns</sup>	0,065 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,077*	0,062 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	0,153	0,054	0,022	0,018	0,040	0,007	0,003
CV (%)		12,31	10,75	11,12	16,34	19,89	18,93	13,24

ns.: não significativo; \* significativo a  $p < 0,05$  e \*\*significativo a  $p < 0,01$  ( Teste F). FV: fontes de variação; GL: graus de liberdade

Verifica-se, na Tabela 3, que a interação entre os genótipos e nível salino foi significativo ( $p < 0,01$ ), pelo teste F, nas variáveis fitomassa total, da parte aérea, da folha, do caule, da raiz e da relação raiz/parte aérea; assim, são apresentadas as médias resultantes do desdobramento da interação entre os fatores estresse salino (ES) e genótipo (GEN) nessas variáveis, na Tabelas a seguir.

**a) Fitomassa total (FST)**

Avaliando as médias resultantes do desdobramento dos genótipos dentro dos níveis salinos (Sem estresse =  $CEa = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) e (Com estresse salino,  $CEa = 2,4$  e  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) aos quais as plantas de citros foram submetidas, observa-se diferença significativa em todos os genótipos entre os níveis salino; com relação aos genótipos irrigados com nível salino, com estresse ( $CEa = 2,4$  e  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) no decorrer de todo experimento, ou seja, até aos 210 dias após a semeadura (DAS), os genótipos não diferiram entre si (Tabela 3).

No tratamento controle ( $CEa = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), porém, os genótipos apresentaram diferença significativa entre grupos sendo o primeiro grupo de genótipos formado por TSKFL x CTTR – 013 (G13), TSKFL x CTTR– 017 (G12), TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9), TSKFL x LRM– 017 (G22), LCSTC (G5) e CTSW (G18), apresentando maiores valores médios de fitomassa total, não diferindo entre si e segundo grupo formado pelos genótipos TSKC x CTTR - 025 (G17), LVK – 10 (G25), TSKC x TRENG (G6) e TSKC x TRENG– 264 (G16), apresentando menores médias de fitomassa total, não diferindo entre si, fato possível de ser justificado, pelas características genéticas dos

**Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino**

genótipos avaliados, como mostrado na análise de variância, cujos genótipos apresentam diferença significativa quando analisados separadamente (Tabela 4).

**Tabela 4.** Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para fitomassa total (FST). Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	FST (g)		RRFST(%)
	S.E.	C.E.	
TSKC x CTTR - 025 (G17)	3,04bA	2,39aB	21,4
LVK - 10 (G25)	3,52bA	2,63aB	25
TSKC x TRENG (G6)	3,66 bA	2,03aB	44
TSKC x TRENG- 264 ( G16)	3,81bA	2,22aB	41,7
TSKFL x CTTR - 013 (G13)	4,04aA	1,69aB	58
TSKFL x CTTR- 017 (G12)	4,16aA	2,69aB	35
TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9)	4,20aA	2,19aB	47
TSKFL x LRM- 017 (G22)	4,35aA	3,05aB	29,8
LCSTC (G5)	4,35aA	2,29aB	47
CTSW - (G18)	4,88aA	2,44aB	50

Médias seguidas de letra maiúscula na horizontal não diferem entre níveis de estresse salino pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical não diferem entre si, quanto aos genótipos pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). S.E.: Sem estresse; C.E.: Com estresse salino

Verifica-se que a aplicação contínua de água salina afetou negativamente os genótipos de citros, os genótipos TSKC x CTTR - 025 (G17), LVK - 10 (G25), TSKFL x LRM-017 (G22) e TSKFL x CTTR- 017 (G12) apresentaram menor percentual de redução de fitomassa total (21; 25; 29,8 e 35 %) nas plantas com estresse salino em relação aos níveis sem estresse (Tabela 4),

Os genótipos TSKFL x CTTR - 013 (G13), CTSW (G18), TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9) e LCSTC (G5) obtiveram elevada redução na fitomassa total em condição de estresse salino, sendo em torno 58; 50; 47; e 47 %, respectivamente; por outro lado, o genótipo G15 não sobreviveu ao estresse salino severo e o G5 apresentou alto índice de abscisão foliar e consequente senescência no último período de avaliação de crescimento das plantas.

Essas diferenças foram constatadas pela alta salinidade do substrato acumulada pela água de irrigação com  $CEa = 4,0 \text{ dS m}^{-1}$ , observada na análise química do substrato no final do experimento ( Tabela 5).

**Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos  
de citros sob estresse salino**

**Tabela 5.** Análise química do substrato no final do experimento para os níveis de salinidade (S.E. - sem estresse e C.E. – com estresse salino). Campina Grande, 2011

Características químicas	Substrato	
	S.E.	C.E.
Cálcio ( meq/100g de solo)	7,19	13,65
Magnésio ( meq/100g de solo )	4,02	10,73
Sódio ( meq/100g de solo )	0,42	6,14
Potássio ( meq/100g de solo)	0,50	1,94
S ( meq/100g de solo )	12,13	32,46
Hidrogênio ( meq/100g de solo )	2,54	11,21
Alumínio ( meq/100g de solo )	0,00	0,40
T	14,67	44,07
Carbonato de Cálcio Qualitativo	A	A
Carbono Orgânico %	1,56	-
Matéria Orgânica %	2,69	-
Nitrogênio %	0,15	-
Fósforo Assimilável (mg/100g )	53,20	57,53
pH H <sub>2</sub> O ( 1: 2,5)	6,31	5,36
pH KCl ( 1:2,5)	-	-
Cond. Elétrica dS m <sup>-1</sup> ( Suspensão 1:2)	0,53	3,72
pH (Extrato de Saturação)	6,17	5,15
Cond. Elétrica (Extrato de Saturação)	2,23	12,19
Cloreto (meq/l)	16,25	98,25
Carbonato ( meq/l)	0,00	0,00
Bicarbonato (meq/l)	5,90	7,90
Sulfato (meq/l)	P	P
Cálcio (meq/l)	6,50	11,50
Magnésio (meq/l)	7,25	45,62
Potássio (meq/l)	2,29	12,32
Sódio (meq/l)	6,88	53,14
Porcentagem de Saturação	31,33	60,00
Relação de adsorção de Sódio	2,62	9,95
PSI	2,80	13,93
Salinidade	Ligeira	Fortemente
Classe de Solo	Normal	Salino

P – Presente; A - Ausente. (S.E.: CEa = 0,5 dS m<sup>-1</sup>); (C.E.: CEa= 2,4 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>)

**b) Fitomassa da parte aérea ( FSPA)**

## Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino

---

Com relação à fitomassa da parte aérea, observa-se diferença significativa entre os níveis salino de irrigação em todos os genótipos avaliados e os genótipos irrigados sem estresse salino ( $CEa = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) e com estresse ( $CEa = 2,4$  e  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) no decorrer de todo o experimento, ou seja, até aos 210 dias após a semeadura (DAS), os genótipos diferiram entre si (Tabela 3).

Ainda se referindo ao tratamento controle ( $CEa = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), os genótipos formaram grupos, sendo o primeiro grupo de genótipos formado por TSKC x CTTR - 025 (G17), TSKC x TRENG (G6), TSKC x TRENG- 264 (G16) e TSKFL x CTTR - 013 (G13), apresentando menores valores médios de fitomassa da parte aérea, e segundo grupo formado pelos genótipos TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9), TSKFL x CTTR- 017 (G12), CTSW (G18) e TSKFL x LRM- 017 (G22), apresentando maiores valores médios de fitomassa da parte aérea, não diferindo entre si, sugerindo-se uma justificativa idêntica aos resultados de fitomassa total, ou seja, pelas características genéticas dos genótipos avaliados, como mostrado na análise de variância, quando os mesmos apresentam diferença significativa entre si, formando grupos, quando analisados separadamente (Tabela 3). A aplicação salina com  $CEa = 2,4$  e  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ , em seguida aos 60 dias após a semeadura até 210 dias após semeadura, também formou grupos de genótipos, sendo o primeiro grupo com menor média de fitomassa da parte aérea os genótipos LCSTC (G5), CTSW - (G18), TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9), TSKC x CTTR - 025 (G17), LVK - 10 (G25), TSKC x TRENG (G6), TSKC x TRENG- 264 (G16) e TSKFL x CTTR - 013 (G13) segundo grupo formado por apenas um genótipo, o TSKFL x CTTR- 017 (G12) e o terceiro grupo com maior média de fitomassa da parte aérea formado pelo genótipo TSKFL x LRM- 017 (G22); a alta salinidade do substrato quando irrigado com  $CEa = 4,0 \text{ dS m}^{-1}$ , evidenciado pela análise química do substrato no final do experimento com relação à salinidade de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$  (Tabela 5), demonstrou diferença na capacidade de absorção de salinidade dos genótipos, reduzindo o valor de fitomassa da parte aérea em proporções diferentes, sendo os genótipos CTSW - (G18), TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9) e TSKFL x CTTR - 013 (G13) (redução entre 40 a 60%) e os demais genótipos TSKC x CTTR - 025 (G17), TSKC x TRENG (G6), TSKC x TRENG- 264 (G16), LVK - 10 (G25), TSKFL x CTTR- 017 (G12), TSKFL x LRM- 017 (G22) e LCSTC (G5) (redução entre 20 e 40%) em aplicação contínua de  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$  em relação a  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ , baseado no parâmetro de fitomassa seca da parte aérea, o primeiro grupo poderá ser considerado moderadamente sensível e o segundo moderadamente tolerante.

**Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino**

**Tabela 6.** Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para fitomassa da parte aérea (FSPA). Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	FSPA (g)		Redução (%)
	S.E.	C.E.	
TSKC x CTTR - 025 ( G17)	2,11bA	1,69cB	20
LVK – 10 (G25)	2,22bA	1,65cB	25
TSKC x TRENG (G6)	2,28bA	1,42cB	37
TSKC x TRENG– 264 (G16)	2,48bA	1,57cB	36
TSKFL x CTTR – 013 (G13)	2,53bA	1,28cB	49
TSKFL x CTTR– 017 (G12)	2,89aA	1,94bB	33
TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9)	2,88aA	1,50cB	48
TSKFL x LRM– 017 (G22)	3,38aA	2,43aB	28
LCSTC (G5)	2,28bA	1,51cB	28
CTSW (G18)	3,07aA	1,68cB	45

Médias seguidas de letra maiúscula na horizontal não diferem entre níveis de estresse salino, pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) e médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical não diferem entre genótipos pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). S.E.: Sem estresse; C.E.: Com estresse salino

**c) Fitomassa foliar ( FSF)**

A produção de fitomassa nas folhas apresentou diferença significativa pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,01$ ), entre os porta-enxertos e nos níveis de salinidade da água (Tabela 4). Tem-se que os genótipos irrigados com água de abastecimento, tratamento controle,  $CEa = 0,5 \text{ dS.m}^{-1}$ , apresentaram diferença significativa na formação de fitomassa nas folhas, formando-se quatro grupos de genótipos; grupo 1 - G5 e G17; grupo 2 - G6; G16 e G25; grupo 3 - G13 e G18; grupo 4 - G12 e grupo 5 - G22 (Tabela 4); o que pode ser explicado devido às características genéticas dos genótipos, conforme indicado na Tabela 1, que apresentam diferença significativa entre genótipos pelo teste F ( $p < 0,01$ ).

No desdobramento de genótipos dentro de estresse salino ( $CEa = 2,4$  e  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) ocorreu influência significativa entre genótipos, formando-se três grupos de genótipos: grupo 1 - G5; G17; G25; G6; G16; G13 e G18; grupo 2 - G12 e grupo 3 - G22.

Verifica-se que a aplicação contínua de água salina,  $CEa = 4,0 \text{ dS m}^{-1}$  reduziu a produção de fitomassa foliar dos genótipos de citros em relação a irrigação com água com  $CEa = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ , sendo os genótipos TSKC x CTTR - 025 ( G17) e LVK – 10

**Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino**

(G25) (Tabela 7) os que apresentaram menor redução na fitomassa foliar, sugerindo uma tolerância ao estresse salino, o que justifica, dentre outros fatores, a alta salinidade do substrato acumulada pela CEa= 4,0 dS m<sup>-1</sup>, constatada pela análise química do substrato no final do experimento com relação a salinidade de 0,5 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 5).

**Tabela 7.** Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para fitomassa seca foliar (FSF). Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	FSF (g)		% Redução
	S.E.	C.E.	
TSKC x CTTR - 025 (G17)	1,17eA	1,00cB	14,5
LVK - 10(G25)	1,36dA	1,07cB	21,3
TSKC x TRENG (G6)	1,38dA	0,93cB	32,6
TSKC x TRENG- 264 (G16)	1,48bA	0,99cB	33,10
TSKFL x CTTR - 013 (G13)	1,77cA	0,88cB	50,3
TSKFL x CTTR- 017 (G12)	2,05bA	1,42bB	30,7
TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9)	1,55bA	0,86cB	44,5
TSKFL x LRM- 017 (G22)	2,44aA	1,79aB	26,6
LCSTC (G5)	0,95eA	0,40cB	58
CTSW (G18)	1,76cA	1,03cB	41,5

Médias seguidas de letra maiúscula na horizontal não diferem entre níveis de estresse salino, pelo teste Scott-Kott ( $p < 0,05$ ) e médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical não diferem entre genótipos pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). S.E.: Sem estresse; C.E.: Com estresse salino

**d) Fitomassa do caule (FSC)**

A fitomassa do caule apresentou diferença significativa pelo teste F ( $p < 0,01$ ) entre os porta-enxertos e os níveis de salinidade da água. Verifica-se que os genótipos irrigados com água potável, CEa= 0,5 dS m<sup>-1</sup>, apresentaram diferença significativa na fitomassa do caule (Tabela 5); formando dois grupos de genótipos; grupo 1 - G17; G25; G6; G16; G12; G13 e G22 e grupo 2 - G5; G9 e G18; isto pode ser justificado em razão da diferença nas características genótípicas, conforme indicado na Tabela 1.

No desdobramento de genótipos dentro de estresse salino (CEa= 2,4 e 4,0dS m<sup>-1</sup>) não houve diferença significativa entre genótipos em referência a fitomassa do caule, mas houve influência significativa do estresse salino; verifica-se que os genótipos TSKC x CTTR - 025 (G17), TSKFL x LRM- 017 (G22) e LVK - 10 (G25) teve uma redução de 26,6; 31,9 e 33%, respectivamente, na produção de fitomassa seca do caule, mostrando-se moderadamente tolerantes à salinidade da água; os genótipos TSKFL x CTTR - 013 (G13), LCSTC (G5), TSKC x TRENG (G6), TSKC x (TR x LCR) - 059

**Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino**

(G9) e CTSW (G18), com redução de 65,5; 59,4; 55,8; 51,9 e 50,8, respectivamente, se apresentaram mais sensíveis à salinidade da água (Tabela 8).

**Tabela 8.** Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para fitomassa seca do caule (FSC). Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	FSC (g)		% Redução
	S.E.	C.E.	
TSKC x CTTR - 025 (G17)	0,94aA	0,69aB	26,6
LVK - 10 (G25)	0,87aA	0,58aB	33,3
TSKC x TRENG (G6)	1,11aA	0,49aB	55,8
TSKC x TRENG- 264 (G16)	1,05aA	0,58aB	44,8
TSKFL x CTTR - 013 (G13)	1,13aA	0,39aB	65,5
TSKFL x CTTR- 017 (G12)	0,90aA	0,51aB	43,3
TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9)	1,33bA	0,64aB	51,9
TSKFL x LRM- 017 (G22)	0,94aA	0,64aB	31,9
LCSTC (G5)	1,33bA	0,54aB	59,4
CTSW - (G18)	1,32bA	0,65aB	50,7

Médias seguidas de letra maiúscula na horizontal não diferem entre níveis de estresse salino, pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) e médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical não diferem entre genótipos pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). S.E.: Sem estresse; C.E.: Com estresse salino

**e) Fitomassa da raiz (FSR)**

A fitomassa da raiz apresentou diferença significativa pelo teste F ( $p < 0,01$ ), entre os porta-enxertos e os níveis de salinidade da água. Verifica-se que os genótipos irrigados sem estresse salino ( $CEa = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) apresentaram diferença significativa entre genótipos, formando-se dois grupos de genótipos; grupo 1 - G17; G25; G6; G9; G16; G12; G13 e G22; grupo 2 - G5 e G18; resultados quase semelhantes aos da fitomassa do caule e com as mesmas justificativas, ou seja, devido às características genéticas dos genótipos, conforme mostrado na Tabela 1, diferença significativa isolada entre genótipos pelo teste F ( $p < 0,01$ ).

No desdobramento de genótipos dentro de estresse salino ( $CEa = 2,4$  e  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) não houve diferença significativa entre genótipos na fitomassa da raiz mas, sim, influência significativa nos níveis de salinidade da água pelo teste Scott- Knott ( $p < 0,01$ ) (Tabela 9); assim, a aplicação contínua de água salina,  $CEa = 4,0 \text{ dS m}^{-1}$  reduziu-se a produção de fitomassa da raiz os genótipos de citros sob estresse salino em relação a condição sem estresse; assim os genótipos TSKC x CTTR - 025 (G17), LVK - 10 (G25),

**Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino**

TSKFL x LRM- 017 (G22) e TSKFL x CTTR- 017 (G12) obtiveram redução de 25,8; 25,4; 35 e 38%, respectivamente, na fitomassa da raiz, mostrando-se mais adaptados ao estresse salino; mas os genótipos TSKFL x CTTR - 013 ( G13), LCSTC (G5), TSKC x TRENG (G6), CTSW - (G18), TSKC x TRENG- 264 ( G16), TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9) e CTSW - (G18) com redução de 64; 62,3; 57,7; 48,3; 47,5 e 47,3, respectivamente, foram mais sensíveis ao estresse salino (Tabela 9).

O estresse salino tem mostrado prejudicar o desenvolvimento de plantas (HERNANDEZ et al., 1995; CHERIAN et al, 1999; TAKEMURA et al., 2000), através de reduções na expansão da superfície foliar (WING & NIL, 2000) e considerável diminuição de biomassa fresca e seca de folhas e raízes (HERNANDEZ et al., 1995).

**Tabela 9.** Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para fitomassa seca da raiz (FSR). Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	FSR (g)	
	S.E.	C.E.
TSKC x CTTR - 025 ( G17)	0,93aA	0,69aB
LVK - 10( G25)	1,30aA	0,97aB
TSKC x TRENG (G6)	1,18aA	0,62aB
TSKC x TRENG- 264 ( G16)	1,28aA	0,66aB
TSKFL x CTTR - 013 ( G13)	1,14aA	0,41aB
TSKFL x CTTR- 017 ( G12)	1,21aA	0,75aB
TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9)	1,31aA	0,69aB
TSKFL x LRM- 017 ( G22)	0,97aA	0,63aB
LCSTC (G5)	2,07bA	0,78aB
CTSW - (G18)	1,80bA	0,76aB

Médias seguidas de letra maiúscula na horizontal não diferem entre níveis de estresse salino, pelo teste Scott- Knott ( $p<0,05$ ) e médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical não diferem entre genótipos pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ). S.E. : sem estresse; C.E.: com estresse salino

**f) Relação raiz/parte aérea (R/PA)**

Verifica-se que os genótipos irrigados sem estresse salino ( $CEa= 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) apresentaram diferença significativa entre genótipos, formando três grupos de genótipos: grupo 1 - G17; G13; G12 e G22; grupo 2 - G6; G16; G25; G9 e G22 e grupo 3- G5; os genótipos irrigados sob estresse salino apresentaram diferença significativa pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ), formando dois grupos de genótipos: grupo 1 - G13 e G22 e o grupo 2 - G17; G25; G6; G16; G12; G13; G9; G5 e G18 (Tabela 10).

**Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino**

**Tabela 10.** Médias de desdobramento de genótipos de porta-enxertos de citros dentro dos níveis de salinidade estudados (S.E. e C.E.) para relação raiz/parte aérea (FSPA). Campina Grande, 2011

GENÓTIPOS	FSPA (g g <sup>-1</sup> )	
	S.E.	C.E.
TSKC x CTTR - 025 (G17)	0,40cA	0,41aA
LVK - 10 (G25)	0,58bA	0,59aA
TSKC x TRENG (G6)	0,47bA	0,45aA
TSKC x TRENG- 264 (G16)	0,50bA	0,42aA
TSKFL x CTTR - 013 (G13)	0,39cA	0,32aA
TSKFL x CTTR- 017 (G12)	0,41cA	0,39aA
TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9)	0,46bA	0,46aA
TSKFL x LRM- 017 (G22)	0,29cA	0,26bA
LCSTC (G5)	0,91aA	0,53aB
CTSW (G18)	0,58bA	0,45aA

Médias seguidas de letra maiúscula na horizontal não diferem entre níveis de estresse salino, pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) e médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical não diferem entre genótipos pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). S.E.: sem estresse; C.E.: com estresse salino

A importância da relação raiz / parte aérea das plantas cultivadas em meio salino tem sido controversa; um crescimento radicular maior pode levar à exploração de um volume maior do solo, favorecendo a absorção de água e de elementos essenciais, particularmente importante em solos que apresentam capacidade limitada de fornecimento de nutrientes (MARSCHNER, 1995), podendo beneficiar o crescimento das plantas. No entanto, um crescimento radicular maior, sob condições de salinidade, também pode levar a uma absorção maior de íons Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, em níveis tóxicos, e seu consequente carregamento para a parte aérea, prejudicando o crescimento da planta, como um todo (LACERDA, 2000).

Consierando-se a afirmação positiva de Marschner (1995) com relação a um maior relação raiz / parte aérea em meio salino, beneficiando o crescimento da planta; os genótipos de porta-enxertos de citros TSKC x CTTR - 025 (G17) e LVK - 10 (G25) mostraram maior tolerancia à salinidade, analisando-se a relação raiz/parte aérea, por apresentar maior média sob estresse salino em relação à condição sem estresse.

**h) Classificação dos genótipos em relação ao rendimento relativo de fitomassa total**

**Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino**

Para efeito de classificação dos genótipos em função do potencial produtivo e o estresse salino, adotaram-se dois critérios: melhores genótipos na análise de crescimento ao longo do período avaliado, principalmente o diâmetro de caule, por ser um bom indicativo do momento adequado para enxertia da planta, e o método do rendimento relativo ao aumento do estresse salino, considerando-se a Fitomassa Seca Total (FST) devido ao seu reflexo nas variáveis de crescimento.

Na variável diâmetro de caule os genótipos sob condição de estresse salino que obtiveram menor decréscimo comparado com a condição sem estresse salino, foram TSKC x (TR x LCR) – 059 (G9); TSKC x CTTR - 025 (G17); TSKC x TRENG-264 (G16); CTSW (G18) e LVK (G25), obtendo-se maiores médias de diâmetro do caule, ou seja, 3,72; 3,96; 3,67; 3,86 e 4,13 mm, respectivamente, aos 210 dias após semeadura, com água salina de 4,0 dS m<sup>-1</sup>, sendo o diâmetro do caule um dos fatores de potencialidade para produção de mudas cítricas; esses genótipos poderão ser recomendados com relação à formação do diâmetro sob estresse salino.

No segundo critério, Fageria (1985), classifica os genótipos pela redução no rendimento relativo do maior ao menor nível de estresse salino, em termos percentuais, baseados na Fitomassa seca total (Tabela 11).

**Tabela 11.** Resumo da avaliação da tolerância ao estresse salino baseado no rendimento relativo. Classificação proposta por Fageria (1985). Campina Grande, 2011

GENÓTIPO	RRFST (%)	ÍNDICES(%)	CLASSE
TSKC x CTTR - 025 (G17)	21	20-40	MT
LVK – 10 (G25)	25	20-40	MT
TSKC x TRENG (G6)	44	40-60	MS
TSKC x TRENG– 264 (G16)	41,7	40-60	MS
TSKFL x CTTR – 013 (G13)	58	40-60	MS
TSKFL x CTTR– 017 (G12)	35	20-40	MT
TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9)	47	40-60	MS
TSKFL x LRM - 017 (G22)	29,8	20-40	MT
CTSW - (G18)	50	40-60	MS

**MT** – moderadamente tolerante; **MS** – moderadamente sensível. **RRFST** – rendimento relativo da fitomassa total

Foram classificados pelo critério do rendimento relativo da fitomassa total, dentre os onze genótipos estudados os genótipos TSKC x CTTR - 025 (G17), LVK - 10 (G25), TSKFL x CTTR– 017 (G12) e TSKFL x LRM – 017 (G22) moderadamente

## Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos de citros sob estresse salino

---

tolerantes e os genótipos TSKC x TRENG (G6), TSKC x TRENG- 264 (G16), TSKFL x CTTR-013 (G13), TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9) e CTSW (G18) moderadamente sensíveis.

### i) Classificação dos genótipos pelo critério de sobrevivência

Pelo critério de sobrevivência, os porta-enxertos LCSTC (G5) e LVK x LCR (G15), não sobreviveu ao estresse salino com condutividade elétrica de 4,0 dS m<sup>-1</sup> a última avaliação de crescimento.

## 5. CONCLUSÕES

1. Em níveis de estresse salino para a cultura de citros, a salinidade da água de irrigação promoveu redução nas variáveis de fitomassa seca.
2. Os genótipos TSKFL x CTTR-017 (G12) e TSKFL x LRM - 017 (G22) apresentaram maior fitomassa seca foliar e maior fitomassa seca da parte aérea sob condições de estresse salino.
3. Foram classificados pelo critério do rendimento relativo da fitomassa total, dentre os onze genótipos estudados, os genótipos TSKC x CTTR - 025 (G17), LVK - 10 (G25), TSKFL x CTTR - 017 (G12) e TSKFL x LRM - 017 (G22) moderadamente tolerantes e os genótipos TSKC x TRENG (G6), TSKC x TRENG- 264 (G16), TSKFL x CTTR - 013 (G13), TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9) e CTSW (G18) moderadamente sensíveis.
4. Os porta-enxertos LCSTC (G5) e o LVK x LCR (G15) não sobreviveu ao estresse salino com condutividade elétrica de 4,0 dS m<sup>-1</sup>.

Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos  
de citros sob estresse salino

---

6. REFERÊNCIAS

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2. Ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29. Revisado I.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas)**. Jaboticabal. FUNEP. 2004. 42p.

BRITO, M.E.B. **Tolerância de porta-enxertos de Citros à salinidade**. 2007. 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

CERQUEIRA, E. C.; CASTRO NETO, M. T.; PEIXOTO, C. P.; SOARES FILHO, W. S. LEDO, C. A. S.; OLIVEIRA, J. G. Resposta de porta-enxertos de citros ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 515-519, 2004.

CHERIAN, S.; REDDY, M.P. & PANDYA, J.B. 1999. Studies on salt tolerance in *Avicennia marina* Forstk.) Vierh.: effect of NaCl salinity on growth, ion accumulation and enzyme activity. **Indian Journal of Plant Physiology**, 4: 266–270.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises do solo. 2.ed. Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. 1997. 212p.

FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. **Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares**. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. (ed.) Manejo e controle da salinidade na agricultura. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.363-383.

FAGERIA, N.K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.88, p.237-243, 1985.

HERNANDEZ, J.A.; OLMOS, E.; CORPAS, F.J.; SEVILLA, F. & DEL RIO, L.A. 1995. Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. **Plant Science**, 105: 151–167.

**Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos  
de citros sob estresse salino**

---

LACERDA, C. F. **Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiros submetidos a estresse salino.** 2000. 163 f. Tese (Doutorado Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

LEPRUN, J. C. Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste. In: **Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste Brasileiro.** Recife: SUDENE, 1983. p. 91-149.

MAGALHÃES, A.F. de J. Adubação de plantas cítricas sob telado. Agronline.com.br. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php.id=401>>. Acesso em: 20 de maio de 2011.

MARCSCHER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2. Ed. London: London Academic Press, 1995. 899p.

MEDEIROS, J.F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT<sup>™</sup> nos estados do RN, PB e CE.** Campina Grande, Dissertação (Mestrado), 1992. 137p. Universidade Federal da Paraíba.

MOHAMMAD, M.; SHIBLI, R.; AJOUNI, M. & NIMRI, L. 1998. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 21: 1667–1680.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA. **Agriculture Handbook**, 60).

SINGH, A.; SAINI, M. L.; BEHL, R. K. Screening of citrus rootstocks for salt tolerance in semi-arid climates - A review. **Tropics**, v. 13, n.1, p.53-66, 2003.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 338-342, 2000.

Capítulo V - Produção de fitomassa em genótipos de porta-enxertos  
de citros sob estresse salino

---

SUASSUNA, J.; AUDRY, P. A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino: caracterização, variação sazonal e limitações de uso. Recife: CNPq, 1995.

TAKEMURA, T.; HANAGATA, N.; SUGIHARA, K.; BABA, S.; KARUBE, I. & DUBINSKY, Z. 2000. Physiological and biochemical responses to salt stress in the mangrove, *Bruguiera gymnorhiza*. *Aquatic Botany*, 68: 15–28.

TAIZ, T.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4ª ed., Porto Alegre: ArtMed., 2009. 828p.

1. O estresse salino provoca redução no crescimento das plantas, notadamente na altura e no número de folhas e, em menor nível, no diâmetro do caule.
2. Os genótipos de porta-enxertos de citros TSKFL x CTTR– 017 (G12) e TSKFL x LRM – 017 (G22) foram tolerantes as variáveis de crescimento (altura, número de folhas e diâmetro do caule), bem como, as taxas de crescimento relativos correspondentes às essas variáveis; foram tolerantes também, as variáveis de trocas gasosas e fitomassa seca foliar e de rendimento relativo de fitomassa total; podendo então esses genótipos de porta-enxertos de citros serem recomendados a ser irrigados em condições de estresse salino para a cultura.
3. A estratégia de uso de água salina em porta-enxertos tolerantes contribui para reduzir o uso de água de boa qualidade durante a formação de genótipos de porta-enxertos de citros.
4. Os genótipos de porta-enxertos de citros TSKC x TRENG 256 (G6), CTSW (G18) e TSKFL x CTTR – 013 (G13) foram mais sensíveis ao estresse salino e os genótipos de porta-enxertos TSKFL x CTTR – 017 (G12), TSKFL x LRM – 017 (G22) e TSKC x CTTR – 025 (G17) mostraram-se mais tolerantes à salinidade, considerando-se as principais variáveis de crescimento (altura, número de folhas e diâmetro do caule) e as taxas de crescimento relativo correspondente as variáveis referidas.
5. Os genótipos de porta-enxertos de citros TSKFL x CTTR – 013 (G13) e CTSW – (G18) foram sensíveis as variáveis de crescimento e fitomassa seca e o genótipo de porta-enxerto TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9) mostrou-se sensível as variáveis de trocas gasosas e fitomassa seca.
6. Os genótipos de porta-enxertos LCSTC (G5) e LVK x LCR (G15) não sobrevivem ao estresse salino na condutividade elétrica de  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ .
7. O genótipo de porta-enxerto TSKC x CTTR - 025 (G17) obteve o maior diâmetro do caule em cultivo sem estresse salino.

8. Os genótipos de porta-enxertos de citros TSKC x (TR x LCR) – 059 (G9); TSKC x CTTR - 025 (G17); TSKC x TRENG-264 (G16); CTSW (G18) e LVK (G25), obtiveram maiores diâmetro do caule, ou seja, 3,72; 3,96; 3,67; 3,86 e 4,13 mm, respectivamente, aos 210 dias após semeadura, com água salina de  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ , sendo o diâmetro do caule um dos fatores de potencialidade para produção de mudas cítricas; esses genótipos poderão ser recomendados com relação à formação do diâmetro do caule sob estresse salino.

9. A taxa de crescimento relativa foliar foi a variável mais afetada pelo estresse salino, por apresentar maior número de genótipos sensíveis à salinidade.

10. A aplicação contínua de água com CEa de  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  reduz a condutância estomática, a transpiração, a taxa fotossintética líquida, a eficiência do uso da água e a eficiência instantânea da carboxilação em relação à aplicação de água potável (CEa de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ).

11. Os genótipos de porta-enxertos LCSTC (G5), TSKC x TRENG - 256 (G6) e LVK 10 (G25) foram mais sensíveis ao estresse salino com CEa de  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  em função da condutância estomática.

12. Os genótipos de porta-enxertos LCSTC (G5), TSKC x TRENG - 256 (G6), TSKC x (TR x LCR) 059 (G9), TSKC x CTTR 025 (G17) e LVK 10 (G25), apresentaram maior sensibilidade à salinidade da água nas variáveis Eficiência instantânea da carboxilação (*EiC*), Eficiência do uso da água (*A/E*) e Taxa de fotossíntese líquida (*A*) em aplicação contínua de água com CEa de  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  em relação à aplicação de água potável (CEa de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ).

13. Os genótipos de porta-enxertos TSKFL x CTTR – 017 (G12), TSKFL x CTTR- 013 (G13) e TSKFL x LRM – 017 (G22) mostraram-se mecanismos de tolerância à salinidade da água nas variáveis Eficiência instantânea da carboxilação (*EiC*), Eficiência do uso da água (*A/E*) e Taxa de fotossíntese líquida (*A*) em aplicação contínua de água com CEa de  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  em relação à aplicação de água potável (CEa de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ).

14. As plantas do genótipo de citros LVK - 10 (G25) apresentaram redução nas taxas transpiratórias com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.
15. Em níveis de estresse salino para a cultura de citros, a salinidade da água de irrigação promoveu redução nas variáveis de fitomassa seca.
16. Os genótipos TSKFL x CTTR-017 (G12) e TSKFL x LRM - 017 (G22) apresentaram maior fitomassa seca foliar e maior fitomassa seca da parte aérea sob condições de estresse salino.
17. Foram classificados pelo critério do rendimento relativo da fitomassa total, dentre os onze genótipos estudados, os genótipos TSKC x CTTR - 025 (G17), LVK - 10 (G25), TSKFL x CTTR - 017 (G12) e TSKFL x LRM - 017 (G22) moderadamente tolerantes e os genótipos TSKC x TRENG (G6), TSKC x TRENG- 264 (G16), TSKFL x CTTR - 013 (G13), TSKC x (TR x LCR) - 059 (G9) e CTSW (G18) moderadamente sensíveis.
18. O Genótipo de porta-enxerto de citros TSKC (Tangerina Sunki Comum) x TRENG (Ponfirus Trifoliata English)- 256 (G6) foi sensível em todas as variáveis de crescimento, trocas gasosas e fitomassa seca.

## APÊNDICES:

**Apêndice A.** Croqui do experimento de citros no viveiro de mudas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande, 2011

FATORES DE TRATAMENTO		
Genótipos	Níveis de salinidade da água (NS <sub>c</sub> , NS <sub>1</sub> , NS <sub>2</sub> )	
	Plantas sem estresse salino (SE) no PI e PII	Plantas com estresse salino (CE) no PI e PII
1	p1.....p15	p1.....p15
2	p1.....p15	p1.....p15
3	p1.....p15	p1.....p15
4	p1.....p15	p1.....p15
5	p1.....p15	p1.....p15
6	p1.....p15	p1.....p15
7	p1.....p15	p1.....p15
8	p1.....p15	p1.....p15
9	p1.....p15	p1.....p15
10	p1.....p15	p1.....p15
11	p1.....p15	p1.....p15
NS <sub>c</sub> (nível salino controle); NS <sub>1</sub> e NS <sub>2</sub> (nível salino do PI e PII), respectivamente; p1 (planta 1); p15 (planta15)		
Período I (75 a 135 DAS); NS <sub>c</sub> = 0,5 dS m <sup>-1</sup> (SE) e NS <sub>1</sub> = 2,4 dS m <sup>-1</sup> (CE) e		
Período II (150 a 210 DAS); NS <sub>c</sub> = 0,5 dS m <sup>-1</sup> (SE) e NS <sub>2</sub> = 4,0 dS m <sup>-1</sup> (CE)		

Genótipos de porta-enxertos de citros:
1. LCSTC (Limoeiro Cravo Santa Cruz) (G5); 2. TSKC (Tangerina Sunki Comum) x (TR x LCR) (Ponfirus Trifoliata x Limão Cravo)–059 (G9); 3. TSKFL (Tangerina Sunki da Flórida) x CTTR (Citrange Troyer) – 013 (G13); 4. TSKC (Tangerina Sunki Comum) x TRENG (Ponfirus Trifoliata English) – 264 (G16); 5. TSKC (Tangerina Sunki Comum) x CTTR (Citrange Troyer) – 025 (G17); 6. LVK (Limão Volkameriano) - 10 (G25); 7. TSKFL (Tangerina Sunki da Flórida) x CTTR (Citrange Troyer) – 017 (G12); 8. CTSW (Citrumelo Swingle) (G18); 9. TSKFL (Tangerina Sunki da Flórida’) x LRM (Limoeiro Rugoso Mazoel)– 017 (G22); 10. LVK (Limão Volkameriano) x LCR (Limoeiro Cravo) (G15); 11. TSKC (Tangerina Sunki Comum) x TRENG (Ponfirus Trifoliata ‘English’) – 256 (G6)

## Apêndice B

Tabela 5 – Valores médios da altura de plantas (cm) dos genótipos em função dos níveis de salinidade com teste de média (Scott - Knott).  
Período I (75, 90, 105, 120 e 135 DAS). Campina Grande, 2011

GEN	75		90		105		120		135	
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2
G12	4,242 a	3,834 a	5,181 a	4,766 a	6,456 a	5,792 a	6,952 a	6,171 a	9,333 a	8,000 a
G13	5,216 a	4,533 a	6,072 a	5,294 a	7,305 a	6,305 a	10,889 b	8,431 a	13,000 b	9,333 a
G25	4,902 a	4,535 a	6,202 a	6,317 a	8,072 a	8,194 b	10,003 b	9,882 b	12,667 b	11,333 a
G16	5,741 a	5,124 b	7,549 b	6,977 b	9,162 b	8,400 b	11,755 c	11,457 b	13,667 b	13,667 b
G17	5,738 a	5,666 b	7,405 b	7,188 b	9,521 b	9,319 c	13,738 c	12,395 b	16,000 c	13,000 b
G6	5,936 a	5,667 b	7,877 b	7,377 b	8,648 b	8,566 b	11,502 c	11,055 b	16,667 c	16,000 b
G9	5,477 a	5,617 b	7,488 b	7,881 b	9,411 b	9,702 c	12,862 c	12,585 b	17,000 c	15,333 b
G15	7,344 b	6,322 c	9,222 c	8,061 b	10,972 c	9,583 c	14,494 c	12,313 b	16,333 c	13,666 b
G22	6,758 b	6,375 c	9,108 c	8,333 b	11,458 c	9,750 c	13,416 c	12,333 b	16,333 c	14,333 b
G5	7,564 b	7,220 d	10,875 c	9,388 c	12,201 c	11,410 c	14,246 c	13,233 b	16,000 c	14,333 b
G18	8,214 b	7,752 d	10,143 c	9,286 c	11,538 c	10,047 c	12,976 c	10,828 b	15,333 c	12,333 b

\*Médias minúsculas seguida da mesma letra na vertical pertencem ao mesmo grupo de genótipos pelo teste de Scott - Knott ( $p < 0,05$ ). DAS: dias após a semeadura.

N1 = 0,5 dS m<sup>-1</sup> e N2 = 2,4 dS m<sup>-1</sup>. GEN: Genótipo

## Apêndice C

Tabela 6 – Valores médios da altura de plantas (cm) em função dos genótipos e dos níveis de salinidade com teste de média (Scott & Knott). Período II (150, 165, 180, 195 e 210 DAS). Campina Grande, 2011

GEN	150		165		180		195		210	
	N1	N2								
G12	11,396 aA	10,226 aA	15,309 aA	13,286 aA	8,833 aA	7,524 aA	19,095 aA	17,047 aA	20,857 bA	17,988 cA
G13	14,244 bA	9,522 aA	19,322 cA	11,591 aB	19,322 cA	11,591 bB	26,9 bA	17,127 aB	31,544 cA	21,666 dB
G18	17,857 cA	13,190 bA	21,405 dA	17,064 cB	15,433 bA	12,476 bB	23,809 bA	22,655 bA	25,543 bA	21,469 dA
G25	14,044 bA	13,317 bA	14,871 aA	14,100 bA	16,863 bA	14,594 cA	19,843 aA	15,794 aB	22,583 bA	18,055 cA
G15	17,583 cA	13,638 bA	20,283 cA	14,777 bB	20,283 cA	14,472 cB	26,000 bA	17,203 aB	0,000 aA	0,000 aA
G6	16,066 cA	14,289 bA	18,244 bA	14,764 bA	21,793 dA	15,711 cB	24,633 bA	16,515 aB	26,944 bA	17,824 cB
G5	18,162 cA	15,267 cA	20,823 cA	15,922 bB	22,343 dA	16,102 cB	24,090 bA	17,510 aB	4,782 aA	6,433 bB
G16	16,335 cA	15,195 cA	18,966 cA	15,977 bA	22,002 dA	16,778 cB	24,744 bA	18,533 aB	27,844 cA	20,430 cB
G17	18,071 cA	13,333 bA	22,976 dA	15,582 bB	22,976 dA	15,257 cB	29,302 cA	20,881 bB	31,283 cA	24,083 dB
G22	19,642 dA	16,625 cA	22,916 dA	19,542 cB	16,292 bA	14,416 cB	29,792 cA	23,958 bB	31,458 cA	25,316 dB
G9	20,068 dA	16,921 cA	22,143 dA	18,479 cB	25,508 eA	19,548 dB	28,296 cA	21,583 bB	31,877 cA	23,803 dB

\*médias minúsculas seguida da mesma letra na vertical pertencem ao mesmo grupo de genótipos pelo teste de Scott - Knott ( $p < 0,05$ ); \*médias maiúsculas seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre níveis de salinidade pelo teste de Scott - Knott ( $p < 0,05$ ). DAS: dias após a semeadura. N: níveis de salinidade. N1= 0,5 dS  $m^{-1}$  e N2 = 4,0 dS  $m^{-1}$ .

GEN: Genótipo

## Apêndice D

Tabela 7 – Valores médios do número de folhas (cm) em função dos genótipos e dos níveis de salinidade com teste de média (Scott - Knott).  
Período I (75, 90, 105, 120 e 135 DAS) . Campina Grande, 2011

GEN	75		90		105		120		135	
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2
G25	5,762a	6,055 a	7,262 a	7,500 a	8,857 a	8,516 a	10,214 a	9,476 a	11,952 a	10,730 a
G12	5,952a	6,095 a	7,666 a	7,500 a	9,198 a	9,095 a	9,857 a	9,571 a	12,658 a	11,151 a
G13	7,333b	6,388 a	9,166 b	7,889 a	10,333 b	9,277 a	12,666 a	11,222 a	13,155 a	11,389 a
G15	7,015b	7,166 b	8,556 b	8,944 b	9,722 a	10,222 a	11,166 a	11,333 a	12,277 a	11,444 a
G18	7,190b	6,857 b	8,904 b	8,524 a	9,666 a	9,333 a	11,428 a	10,396 a	13,151 a	11,484 a
G9	6,777b	6,863 b	8,72 b	8,417 a	10,155 b	10,111 a	12,155 a	11,757 a	14,485 b	13,622 b
G16	7,288b	6,688 b	9,303 b	9,066 b	10,755 b	10,444 b	13,355 b	12,724 b	14,800 b	14,488 b
G6	7,288b	7,311 b	9,588 c	9,333 b	10,822 b	11,022 b	15,333 b	12,4 b	15,155 b	15,022 c
G22	7,866c	8,166 c	10,416 c	10,833 c	12,416 c	11,833 b	14,666 b	14,166 c	17,166 c	16,500 c
G17	9,333 d	8,658 c	10,905 c	10,619 c	12,244 c	11,794 b	15,095 b	15,460 c	17,143 c	15,000 c
G5	7,923 c	7,688 c	10,439 c	9,112 b	11,922 c	11,289 b	12,600 a	12,466 b	14,345 b	13,481 b

Médias minúsculas seguida da mesma letra na vertical pertencem ao mesmo grupo de genótipos pelo teste de Scott - Knott ( $p < 0,05$ )

DAS: dias após a semeadura. N1= 0,5 dS m<sup>-1</sup> e N2 = 2,4 dS m<sup>-1</sup>. GEN: Genótipo

## Apêndice E

Tabela 8 – Valores médios do número de folhas (cm) em função dos genótipos e dos níveis de salinidade com teste de média (Scott - Knott).  
Período II (150, 165, 180, 195 e 210 DAS). Campina Grande, 2011

GEN	150		165		180		195		210	
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2
G25	12,133a	11,658aA	13,481aA	13,055aA	14,554aA	12,957bA	16,256aA	<b>14,555aA</b>	<b>16,295cA</b>	<b>13,722bB</b>
G15	13,133a	12,088aA	14,222aA	13,700aA	14,222aA	13,000bB	17,056aA	12,533aB	3,067aA	0,000aB
G12	13,333a	13,119aA	16,191bA	14,762aA	12,286aA	10,714aA	19,381bA	17,333bA	19,714cA	17,881cB
G18	14,952	12,857aA	17,428cA	13,492aB	12,952aA	11,286aB	19,000bA	12,948aB	19,047cA	11,762bB
G13	15,388b	12,777aA	18,055cA	13,744aB	18,055bA	13,444bB	20,278bA	15,250aB	22,889dA	15,511bB
G5	15,266b	13,733bA	16,808bA	14,508aA	18,730bA	15,000cB	20,192bA	14,498aB	6,577bA	0,000aB
G9	16,304c	14,427bA	18,140cA	15,426bA	19,531cA	15,332cB	21,364bA	15,092aB	21,509cA	15,240bB
G6	16,311c	15,355cA	18,378cA	15,844bB	20,611cA	16,022cB	21,073bA	17,049bB	23,178dA	17,106bB
G16	16,311c	15,688cA	18,688cA	16,733bA	20,511cA	17,422cB	22,111bA	17,955bB	23,659dA	18,624cB
G17	18,381d	16,609cA	22,055dA	16,714bB	21,7140cA	16,714cB	24,999cA	19,095bB	26,548eA	20,903cB
G22	20,000e	18,000dA	21,250dA	18,667cB	17,166bA	16,500cA	27,166cA	23,166cB	28,750eA	23,833cB

\*Médias minúsculas seguida da mesma letra na vertical pertencem ao mesmo grupo de genótipos pelo teste de Scott - Knott (  $p < 0,05$ ).

DAS: dias após a semeadura. N: nível de salinidade; N1=0,5 dS m<sup>-1</sup> e N2 = 4,0 dS m<sup>-1</sup>. GEN: Genótipo

## Apêndice F

Tabela 9 – Valores médios do diâmetro do caule (mm) em função dos genótipos e dos níveis de salinidade com teste de média (Scott - Knott). Período I (75, 90, 105, 120 e 135 DAS). Campina Grande, 2011.

GEN	75		90		105		120		135	
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2
G12	1,475 a	1,392 a	1,682 a	1,571 a	1,995 a	1,847 a	2,151 a	1,981 a	2,383 a	2,321 b
G13	1,686 b	1,473 a	1,782 a	1,692 a	2,067 a	1,837 a	2,189 a	1,861 a	2,444 a	2,036 a
G22	1,480 a	1,554 a	1,661 a	1,742 a	1,970 a	2,090 b	2,173 a	2,092 a	2,385 a	2,433 b
G9	1,653 b	1,621 a	2,030 b	1,953 b	2,283 b	2,215 b	2,497 b	2,455 b	2,709 b	2,551 b
G16	1,685 b	1,584 a	2,095 b	1,904 b	2,344 b	2,172 b	2,586 c	2,435 b	2,897 b	2,506 b
G25	1,621 b	1,443 a	2,141 b	1,954 b	2,362 b	2,314 c	2,707 c	2,698 b	2,963 b	2,722 c
G6	1,796 c	1,731 b	2,166 b	2,132 c	2,413 b	2,333 c	2,672 c	2,559 b	2,821 b	2,824 c
G15	1,906 c	1,754 b	2,142 b	2,025 c	2,467 b	2,484 c	2,643 c	2,560 b	3,060 c	2,934 c
G5	1,859 c	1,795 b	2,225 b	2,249 c	2,556 b	2,492 c	2,970 d	2,856 c	3,318 d	3,197 d
G17	1,983 c	2,024 c	2,261 b	2,205 c	2,504 b	2,511 c	2,867 c	2,658 b	3,357 d	3,108 d
G18	2,073 c	1,988 c	2,530 c	2,332 c	3,0666 c	2,699 c	3,292 a5	2,998 c	3,607 d	3,193 d

\*Médias minúsculas seguida da mesma letra na vertical pertencem ao mesmo grupo de genótipos pelo teste de Scott - Knott (  $p < 0,05$  )

DAS: dias após a semeadura. N: nível de salinidade; N1= 0,5 dS m<sup>-1</sup> e N2 = 2,4 dS m<sup>-1</sup>. GEN: Genótipo